

**UNIVERSITÉ DE PARIS X - NANTERRE**

**Département de Géographie**

**Ecole Doctorale «Milieux, cultures et sociétés du passé et du présent »**

**DOSSIER POUR OBTENIR LE DIPLÔME  
D'HABILITATION À DIRIGER DES RECHERCHES**

**de Guy F. TRÉBUIL**

**Les transformations récentes  
des systèmes agraires rizicoles en Asie :**

**Impact de l'Institut international de recherche sur le riz  
et des systèmes nationaux de recherche agricole**

**Sous la direction du Professeur Jean-Pierre RAISON**

**Tome 2 : Synthèse**

À I.P. et M.T.

et en hommage à René Dumont

# Sommaire

<b>1. LES RIZICULTURES EN ASIE : TOUJOURS UN ROLE STRATEGIQUE .....</b>	<b>4</b>
1.1 Riz et pauvreté en Asie.....	4
1.2 Riz et politique en Asie .....	7
1.3 Le défi rizicole actuel en Asie.....	8
<b>2. ORIGINES, CONTENU, SUCCES ET LIMITES DES TROIS DECENNIES DE REVOLUTION VERTE     (RV) RIZICOLE EN ASIE .....</b>	<b>14</b>
2.1 Origines et nature de la révolution verte rizicole en Asie .....	14
2.2 Les premiers pas de la révolution verte dans les SNRA et la première décennie de l'IRRI .....	16
2.3 La seconde phase de la révolution verte rizicole .....	18
2.4 Impact de la révolution verte rizicole sur la productivité, la sécurité alimentaire et la pauvreté en Asie .....	24
2.5 Un développement agricole géographiquement inégal car largement limité à la riziculture irriguée .....	39
<b>3. CARACTERISATION, DISTRIBUTION, IMPORTANCE RELATIVE ET DYNAMIQUES DES GRANDS     TYPES D' AGROECOSYSTEMES RIZICOLES .....</b>	<b>46</b>
3.1. Typologie des grands agroécosystèmes rizicoles en Asie .....	46
3.2. La riziculture irriguée .....	52
3.3. La riziculture inondée.....	57
3.4. La riziculture pluviale .....	61
3.5. La riziculture à submersion profonde et des zones côtières .....	66
<b>4. PROBLEMATIQUES POST-REVOLUTION VERTE PAR GRANDS TYPES D'AGROECOSYSTEMES:     ELEMENTS DE STRATEGIE POUR LA RECHERCHE RIZICOLE .....</b>	<b>72</b>
4.1 Problématique en riziculture irriguée .....	73
4.2 Problématiques des agroécosystèmes rizicoles non irrigués .....	88
<b>5. IMPLICATIONS DU CONTEXTE POST-REVOLUTION VERTE SUR LE CONTENU DE LA RECHERCHE     RIZICOLE EN ASIE .....</b>	<b>96</b>
5.1 Principales priorités de la recherche dans les agroécosystèmes rizicoles irrigués d'Asie .....	96
5.2 Principales priorités de la recherche dans les agroécosystèmes à riz inondé en Asie.....	110
<b>6. CONSEQUENCES DU CONTEXTE POST-REVOLUTION VERTE SUR L'EVOLUTION DE L'IRRI ET LA     STRUCTURATION DE LA RECHERCHE RIZICOLE EN ASIE .....</b>	
<b>7. L'ENJEU RIZICOLE ASIATIQUE A L'AUBE DU XXIEME SIECLE .....</b>	
<b>8. CONCLUSIONS : LES CONDITIONS DE LA REUSSITE .....</b>	
<b>9. ANNEXES .....</b>	<b>ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.</b>

*«Les géographes - et quelques autres -  
ne devraient-ils pas voir le monde comme foisonnant de questions,  
et non comme un système dont ils prétendraient avoir la clé ? »*

*Pierre Gourou  
Riz et civilisation, 1984*

*«Si nous échouons à faire progresser l'agriculture dans les pays les moins développés,  
la pauvreté continuera à croître et les convulsions sociales qui s'ensuivront constitueront un  
cauchemar global »*

*Norman Borlaug, Prix Nobel de la paix 1970.*

*In : Riz : Famine ou espoir*

*Rapport annuel de l'IRRI, 1998-1999.*

Les étapes successives de mon itinéraire professionnel présentées dans le tome 1 de ce dossier m'ont permis de conduire des recherches - systèmes approfondies sur la dynamique des systèmes agraires d'une dizaine de terrains rizicoles contrastés en Asie du Sud-Est, et ce durant plusieurs années en chacun de ces lieux. Les différences importantes entre les problématiques de la recherche agronomique pour le développement que j'ai mises à jour lors de l'analyse fine de ces différentes situations agraires m'ont rapidement fait prendre conscience de la grande diversité des rizicultures asiatiques, ainsi que des importantes divergences entre leurs trajectoires d'évolution récentes et leurs dynamiques actuelles selon les pays, ainsi qu'en fonction des conditions agro-écologiques locales et de l'environnement socio-économiques des exploitations rizicoles.

Ces dernières années, la nature de ma collaboration avec l'Institut international de recherche sur le riz (IRRI), notamment ma participation aux activités des consortia rassemblant par grands types d'agroécosystèmes rizicoles les principaux systèmes nationaux de recherche agricole (SNRA) asiatiques, m'a permis de prendre du recul par rapport à mes premiers terrains, tous situés en Asie du Sud-Est. Cette période récente m'a amené à élargir ma vision et ma réflexion à l'ensemble de la ceinture tropicale concernée par la production de riz, en m'appuyant sur la découverte, guidée par les acteurs locaux, de nouvelles situations rizicoles en Asie du Sud et en Extrême-Orient. J'ai ainsi pu resituer mes longues expériences de terrain précédentes au moyen de l'approche comparative. Par ailleurs, face à l'infinie diversité et complexité du réel, j'ai tenté de définir des typologies de situations rizicoles et des dynamiques qui leurs sont associées afin de faciliter sa compréhension et ses rapides transformations. Sans cette étape, il m'aurait, je crois, été impossible de présenter ici une tentative de synthèse sur un sujet aussi ambitieux qui imposait de prendre de la hauteur.

Cependant, afin de ne pas m'en tenir à un exposé trop abstrait, cette synthèse est illustrée par un certain nombre d'exemples concrets provenant de mes nombreux travaux de recherche conduits sur le terrain. Ce ne seront parfois que des extraits, ou des flashes, à propos des résultats de recherche complets que j'ai obtenus et qui ont déjà fait l'objet de publications. Aussi, j'invite le lecteur dont la curiosité serait demeurée insatisfaite à se reporter aux textes entiers des articles et des chapitres d'ouvrages mentionnés qui ont été rassemblés dans le tome 3 du présent dossier. Dans le même but, j'exploite aussi ici l'abondante bibliographie consultée au fil des ans (voir la liste fournie en annexe 4) afin d'enrichir mon exposé de cartes, tableaux et figures inédites, préparées spécialement pour ce volume. Dans chacune des parties de cette proposition de synthèse, je précise mes positions, en tant que « géo-agronome » rompu à l'analyse systémique, interdisciplinaire et multi-échelles, des réalités agraires, par rapport à celles d'autres collègues ayant travaillé et publié sur le sujet traité, à commencer par ceux de l'IRRI. Je tenterai ainsi de montrer l'apport de plus en plus indispensable des « relieurs de connaissances », ainsi que les appelle E. Morin dans son tout récent ouvrage, afin d'améliorer la conduite de la recherche rizicole publique grâce à l'établissement de priorités rigoureusement hiérarchisées, reposant sur des diagnostics fins des dynamiques des systèmes agraires rizicoles pris dans leur diversité.

Après un bref rappel de la permanence du rôle stratégique des rizicultures en Asie, destiné à camper mon exposé, je tirerai les leçons de trois décennies de révolution verte rizicole en Asie en analysant ses origines, son contenu, ainsi que ses succès et ses limites lors des phases successives que j'ai identifiées. Cette partie me conduira à présenter une typologie simple des grands types d'agroécosystèmes rizicoles asiatiques et de leurs caractères originaux, ainsi qu'à discuter leur distribution géographique, tout comme leurs importances respectives. Sur cette base, j'analyserai ensuite les problématiques post-révolution verte et les grands défis que doit aujourd'hui affronter la recherche rizicole dans différents contextes. L'analyse critique de l'évolution du contenu et de la structuration de la recherche rizicole publique en Asie qui en découlent fera l'objet du chapitre suivant. Enfin, je consacrerai la dernière partie de cette synthèse à ma vision de l'enjeu rizicole asiatique à l'aube du XXIème siècle, avant de conclure par une présentation des conditions à réunir afin que les plusieurs milliers de chercheurs travaillant sur les rizicultures en Asie soient en mesure de remporter l'important challenge dans lequel ils sont aujourd'hui engagés.

# 1. Les rizicultures en Asie : toujours un rôle stratégique

*« Sans l'agriculture, il n'y a pas de stabilité ; sans assez de grains, c'est le chaos »*  
Deng Xiaoping

Je souhaite tout d'abord rappeler brièvement l'importance du sujet traité dans ce volume, qui à elle seule peut justifier la présente tentative de synthèse. La riziculture est la première activité humaine à la surface du globe par rapport au nombre d'individus concernés et couvre actuellement environ 146 millions d'hectares, soit 11% des terres arables de la planète. Pour environ 60% de la population mondiale, le riz est l'aliment de base et surpasse donc en importance toutes les autres cultures alimentaires. Sur le gigantesque continent asiatique, son foyer originel principal, la riziculture nourrit quelques 2,5 milliards de personnes en zones tropicales humide et sub-humide, ainsi que dans les régions sub-tropicales humides chaudes ou plus tempérées. Le riz est produit sur environ 150 millions d'hectares (environ 15% des surfaces cultivées de la planète), dont 132 millions d'hectares en Asie par quelques 250 millions de minuscules exploitations rizicoles. Leur taille moyenne varie de 0,4 hectares en Chine, à 3,5 hectares en Thaïlande. Très souvent moins d'un hectare est cultivé par une famille et environ la moitié de la récolte<sup>1</sup> de riz est directement consommée par la maisonnée. La consommation annuelle de céréale *per capita* dans les pays rizicoles majeurs varient d'environ 75 kg dans les régions d'Inde où il est l'aliment de base (et constitue encore bien souvent hélas une source d'énergie de luxe pour beaucoup), à près de 200 kg en Birmanie. Dans la partie rizicole de la Chine, pays le plus peuplé de la planète, chaque personne consomme encore en moyenne une livre de riz quotidiennement.

La production de riz constitue aussi dans ces pays la principale source d'emploi et de revenu de la population rurale, tout en fournissant une large palette de produits autres que le grain (pâtes, bières, alcools, cosmétiques, etc.) et de sous-produits issus de la transformation du paddy ou des parties végétatives de la plante (fourrage, papier, etc.). A travers la ceinture tropicale et sub-tropicale asiatique, la pratique de l'activité rizicole est facilitée par le climat chaud et humide dominant ainsi que la présence de grands deltas, plaines alluviales ou plateaux.

## 1.1 Riz et pauvreté en Asie

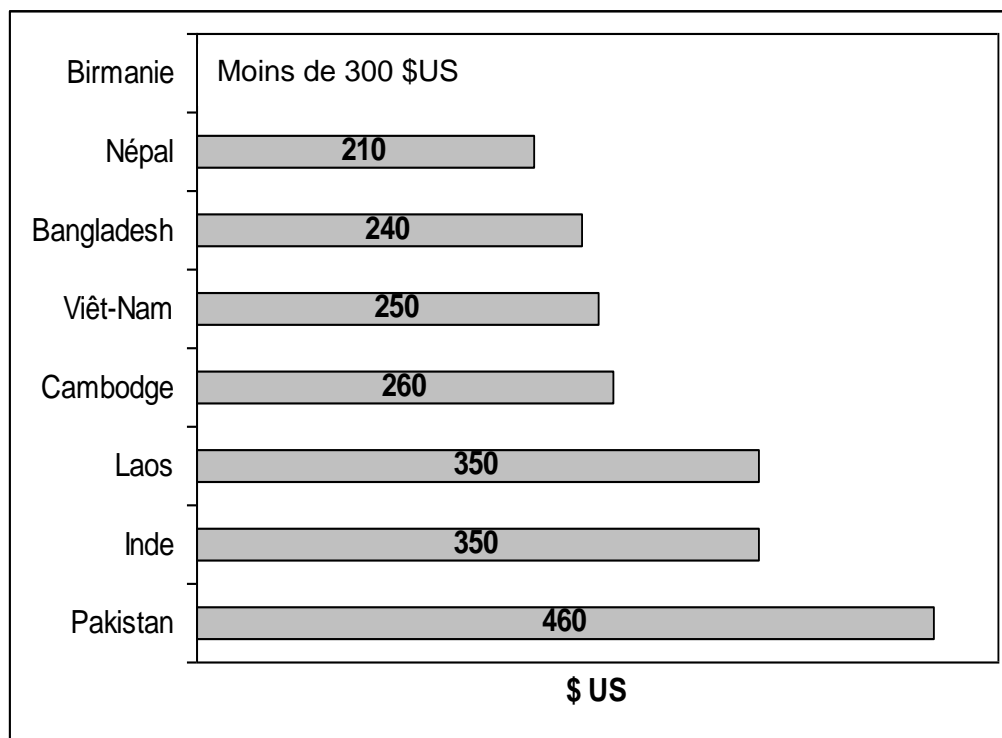
Il est je crois important de noter que chez les populations aux niveaux de revenus les plus bas, son rôle est encore plus crucial. En effet, les pauvres en milieu urbain ou les classes de paysans sans terres, groupes de population les plus vulnérables eu égard à la sécurité alimentaire, consacrent selon les pays 50 à 70% des revenus des ménages à l'achat de cette céréale essentielle. On remarque ainsi que dans les pays asiatiques au revenu moyen annuel par habitant inférieur à 500 dollars US (figure 1), le riz représente typiquement 20 à 30% du produit national brut et entre 30 et 50% de la valeur ajoutée agricole totale produite. La

---

<sup>1</sup> En 1996, l'Asie consomma 451 millions de tonnes de paddy -riz non décortiqué- contre 18 millions en Afrique, 17 millions en Amérique latine, 4 millions en Europe et 3 millions de tonnes aux Etats-Unis (IRRI, 1999).

rizière fournit jusqu'au deux tiers des calories consommées par les populations des pays rizicoles les plus pauvres. Mais il est plus rarement mentionné que la consommation de riz procure aussi une part importante des apports en protéines dont les populations ont besoin : environ 30 à 40% en Indonésie, en Thaïlande ou aux Philippines et jusqu'à plus de 60% au Bangladesh et en Birmanie.

Figure 1. Pays rizicoles asiatiques présentant un revenu moyen annuel par habitant inférieur à 500 \$ US en 1995.



Source : FEER, 1996.

En Asie, où se situent plus de 92% de la production et de la consommation rizicole mondiale, nourriture veut dire riz<sup>2</sup>. Le tableau 1 montre l'écrasante domination du continent asiatique en matière de production, de consommation et d'exportations rizicoles.

<sup>2</sup> En 1998, l'Asie a produit 520 millions de tonnes de paddy - riz non décortiqué- sur 134 millions d'hectares, soit un rendement moyen de 3,9 t/ha, tous types de rizicultures confondus (à comparer aux 6,6 t/ha des USA et aux 8,5 t/ha récoltés en Australie). Ceci représentait 92% du total de la planète établi cette année-là à 568 millions de tonnes sur 149 millions d'hectares (IRRI, 1999).



Tableau 1. Production, consommation, importations et exportations de riz blanc en Asie et dans le monde. Moyenne en millions de tonnes des trois années 1993-1995.

Régions / Pays	Production	Exportations	Importations	Commerce net	Consommation	Taux d'auto-suffisance (%)
<b>Asie</b>	<b>329,4</b>	<b>12,6</b>	<b>9,1</b>	<b>3,4</b>	<b>326</b>	<b>101</b>
<b>Asie du Sud</b>						
Inde	80,9	2,0	0,1	1,9	79	102
Bangladesh	17,5		0,5	-0,5	18	97
Pakistan	3,8	1,3		1,3	2	152
Sri Lanka	1,5		0,1	-0,1	2	94
<b>Chine</b>	<b>121,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>0,1</b>	<b>121</b>	<b>100</b>
<b>Asie du Sud-Est</b>						
Indonésie	31,8	0,2	1,3	-1,1	33	97
Viêt-Nam	16,4	2,1		2,1	14	115
Thaïlande	13,5	5,1		5,1	8	161
Birmanie	12,1		0,4	-0,4	12	97
Philippines	7,0		0,2	-0,2	7	98
<b>Extrême-Orient</b>						
Japon	8,5	0,1	0,9	-0,7	9	98
Corée du Sud	4,4		0,0	0,0	4	100
Corée du Nord	2,0	0,0			2	100
<b>Monde</b>	<b>360,2</b>	<b>17,6</b>	<b>17,4</b>	<b>0,2</b>	<b>360</b>	<b>100</b>
Asie	329,4	12,6	9,1	3,5	326	101
Reste du monde	30,9	5,0	8,3	-3,3	33	94
Pays en développement	343,3	13,8	14,1	-0,3	344	100
Pays développés	17,0	3,8	3,3	0,5	17	100

Source : adapté à partir de divers numéros de « FAO Food Outlook ».

Remarquons que, contrairement aux cas du blé et du maïs, seulement 6,6 % de la production globale de riz, soit environ 25 millions de tonnes, ont été échangées sur le marché mondial en 1998<sup>3</sup> ainsi que lors des deux dernières années. Ce fait essentiel rend complexe et risqué toute stratégie gouvernementale de compensation de déficits rizicoles au moyen des importations, vue l'étroitesse de l'offre par rapport à des demandes potentielles imposantes en cas de déficit chez des producteurs majeurs entraînant de fortes hausses de prix, similaires à celle enregistrée lors de l'année très sèche de 1972. Ainsi, à eux seuls, la Chine, l'Inde et l'Indonésie représentent les trois-quarts de la consommation de riz et tout accident de production chez l'un de ces trois géants peut se traduire par d'importants soubresauts sur le marché mondial, très étroit, du riz. Les modèles d'analyse de la réponse du prix du riz aux variations de la demande montrent par ailleurs qu'un doublement du prix de la céréale est

<sup>3</sup> Les principaux exportateurs étant encore cette année-là la Thaïlande (5,5 millions de tonnes de riz blanc), le Viêt-Nam (3,5 millions de tonnes) et les Etats-Unis (2,7 millions de tonnes).

possible si un déficit de l'offre de 10% apparaîtrait, ce qui est suffisant pour mettre la ration quotidienne de riz hors de portée des ménages les plus défavorisés. Ainsi, en Asie, aider les déshérités à sortir de la pauvreté veut dire commencer par l'essentiel : augmenter la production rizicole et/ou améliorer l'accès à la consommation de riz<sup>4</sup>. Sur ce continent, abondance de riz abordable est synonyme de stabilité politique et sociale, de croissance économique et de recul de la pauvreté.

En outre, dans les états les moins avancés, le développement socio-économique et la croissance industrielle sont étroitement liés à la fourniture régulière de riz en quantité suffisante, à des prix peu élevés et stables, à des populations en croissance encore rapide par endroits. Dans ces pays, où les importants mouvements sociaux sont généralement liés à la montée du prix à la consommation du riz, la riziculture est une production stratégique à ne pas négliger et la stabilité du prix de la céréale un objectif politique de tout premier plan. Un tel constat fait, je crois, de la riziculture un levier essentiel pour la promotion du développement agricole et l'élimination de la pauvreté en Asie tropicale.

## 1.2 Riz et politique en Asie

En regard des nombreuses traditions séculaires voire millénaires qui ont fait de la riziculture un véritable mode de vie en Asie et une image d'Épinal pour les voyageurs étrangers, les toutes dernières décennies de croissance économique rapide, surtout en Extrême-Orient et en Asie du Sud-Est par rapport à la massive et très peuplée Asie du Sud, ont pu quelque peu éroder la signification sociale de cette activité productive essentielle. C'est le cas dans les pays les plus riches d'Asie de l'Est et du Sud-Est chez qui cette révolution économique a largement diversifié les activités et enlevé à l'agriculture son rôle économique dominant, mais au prix d'une mutation de l'activité agricole rendue plus diversifiée, plus dépendante des intrants industriels et plus ouverte au marché international.

Cependant, au Japon, en Corée du Sud et à Taiwan, où la riziculture ne représente plus qu'une minuscule fraction du revenu national après les profondes transformations structurelles de leurs économies ces dernières décennies, le riz fournit encore un quart à un tiers de la ration calorique des habitants. Même dans l'industrie automobile japonaise d'aujourd'hui, le riz demeure symbole de succès : «Toyota» ne veut-il pas dire «belle rizière», tandis que «Honda» signifie «rizière principale» ! La production de riz représentait une telle importance chez ces sociétés industrielles il y a tout juste quelques dizaines d'années, qu'elles continuent je crois à se soucier du maintien de leurs infrastructures rizicoles et de la justice sociale en matière d'équilibre des intérêts et des revenus entre les populations agricoles et non-agricoles. La façon qu'ont les candidats de cajoler le lobby agricole lors des élections à caractère national en terre nipponne constitue ici la plus médiatique et colorée des illustrations. En Thaïlande, un des pays nouvellement (agro-)industrialisés, la formule «as-tu déjà mangé ton riz ?» sert toujours à se dire bonjour ! C'est aussi le cas en lao, en khmer, en

---

<sup>4</sup> Dans les pays asiatiques les moins développés, la consommation annuelle de riz blanc par tête d'habitant varie entre 87 et 214 kg, procurant entre 30 et 76 % des besoins caloriques totaux (IRRI, 1999).

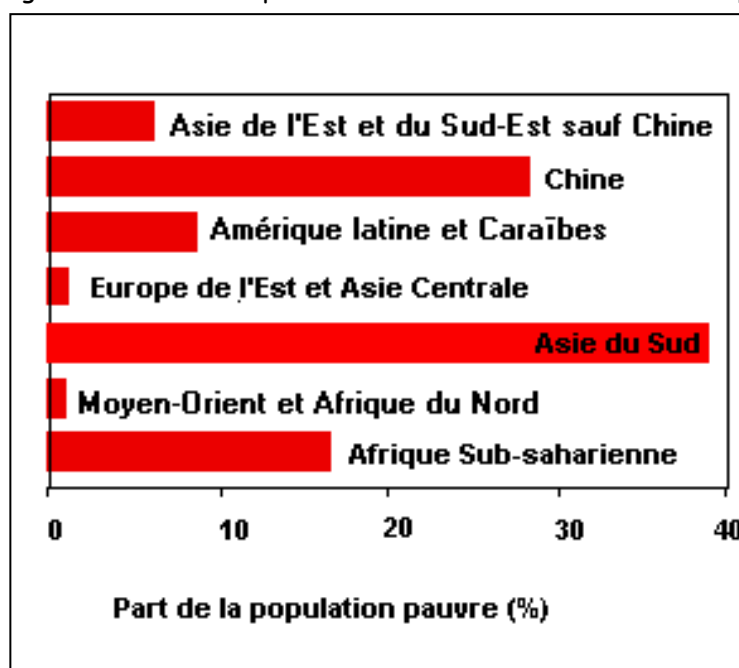
vietnamien, etc. Quant à l'ouvrier chinois découvrant récemment les affres du chômage, il considère avoir «brisé son bol de riz» auparavant garanti par les structures collectives de production. Je pense donc que les fortes interventions des gouvernements asiatiques sur le marché du riz pour en protéger la culture et la consommation, doivent être comprises dans ce contexte historique et culturel très spécifique et millénaire qui souligne le rôle prédominant joué par la riziculture dans les sociétés asiatiques. Son importance cruciale dans la prise de décision au niveau politique, notamment afin d'en stabiliser le prix à la consommation intérieure, demeure quasiment intact.

L'impact de la recherche sur les transformations récentes des rizicultures asiatiques est souvent difficile à séparer des nombreux autres facteurs ayant provoqué les profonds changements technologiques, économiques et sociaux observés au fil des quarante dernières années que nous allons parcourir dans ce volume. De même, il semble bien impossible de dissocier les effets des nouvelles technologies, informations et connaissances sur les rizicultures produites par l'IRRI de ceux, complémentaires le long du continuum recherche - développement, des SNRA asiatiques qu'il a largement contribué à établir ou à renforcer durant cette période. Nous allons montrer comment la conjugaison efficace des efforts de recherche internationaux et nationaux est plus que jamais indispensable pour affronter avec de bonnes chances de succès l'imposant défi rizicole des toutes prochaines décennies en Asie.

### 1.3 Le défi rizicole actuel en Asie

Selon la Banque mondiale (BIRD), 840 millions d'hommes souffrent de la faim aujourd'hui ; deux milliards sont mal nourris et 1,3 milliards survivent dans la pauvreté absolue avec moins d'un dollar US par jour. 70 % de ces pauvres et affamés vivent en Asie (figure 2).

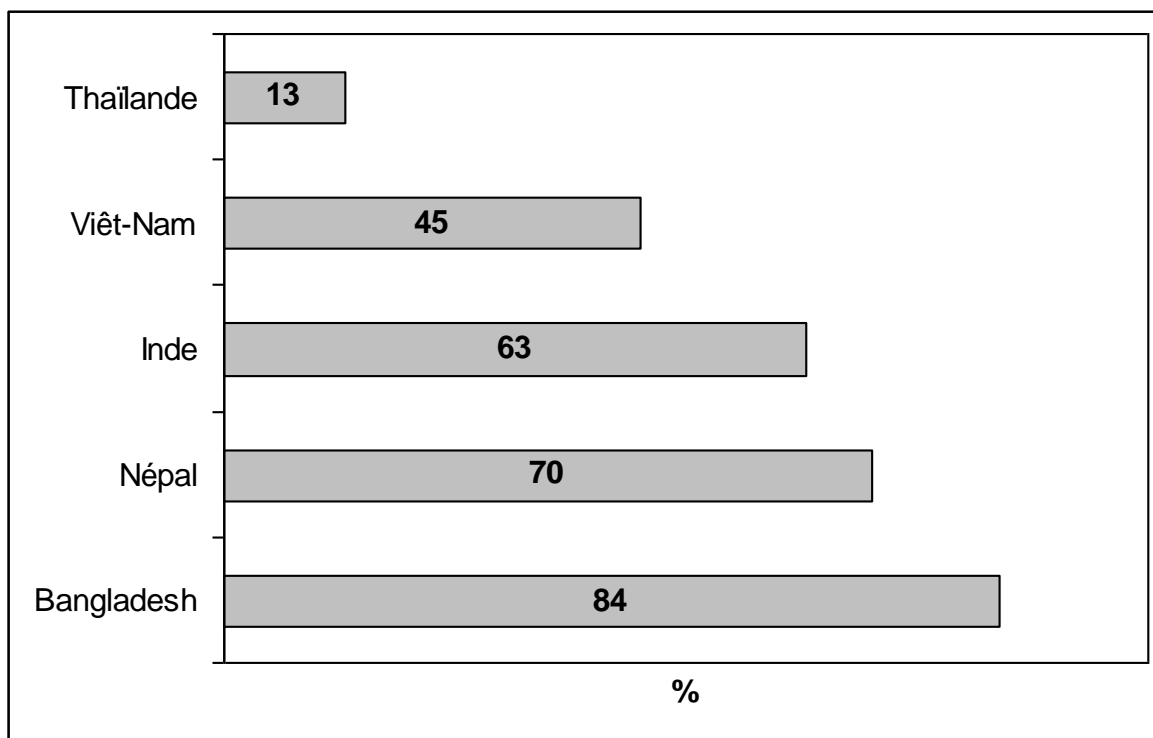
Figure 2. Niveaux de pauvreté dans les économies en développement en 1993.



Source : IRRI, 1999b.

Chaque année environ 50 millions de nouvelles bouches à nourrir, la plupart consommateurs de riz, voient le jour en Asie. L'Asie du Sud concentre aujourd'hui à elle seule la moitié du monde pauvre de la planète et présente les taux de malnutrition infantile les plus élevés sur le continent (figure 3).

Figure 3. Taux de malnutrition chez les enfants âgés de moins de six ans pour une sélection de pays rizicoles asiatiques durant la période 1990-1995.



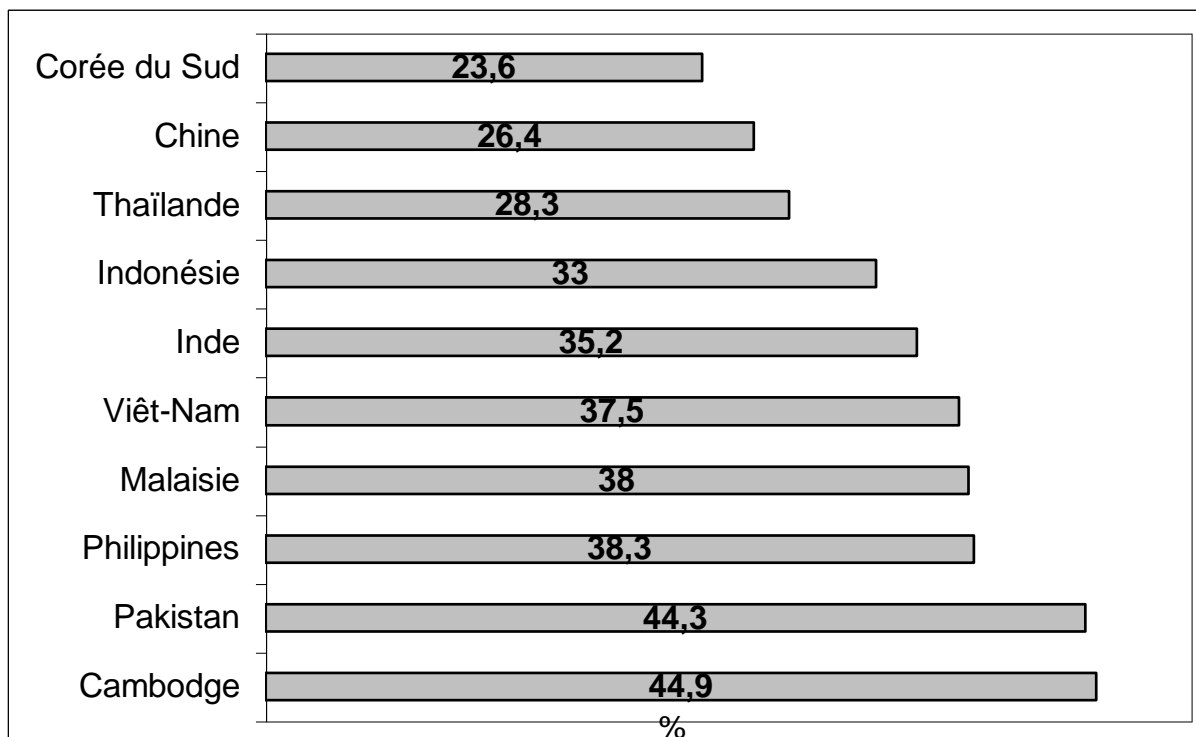
Source : adapté de la FEER, 1997.

Le Bangladesh et l'Inde orientale ont ainsi autant de pauvres que l'ensemble de l'Afrique sub-saharienne. Chaque soir, 200 millions d'indiens vont se coucher le ventre vide, mais le pays exporte bon an mal an 2 à 4 millions de tonnes de riz. Il est évident que si chacun avait un pouvoir d'achat suffisant pour se nourrir décemment, ces surplus exportés n'existeraient pas. Ce constat à vif, pouvant être répété pour d'autres pays exportateurs, montre comment perdurent à ce jour les terribles effets de conceptions dépassées du développement économique, de priorités politiques et institutionnelles contestables, d'irresponsabilité sociale, ainsi que du manque de pensée globale dans un monde pourtant d'abondance durant les dernières décennies. Comme l'affirme Amartya Sen, les famines ne se produisent pas là où un système de distribution alimentaire efficace existe, ce qui est aussi important que l'autosuffisance au niveau national.

Alors que la population asiatique croît encore au rythme d'environ 1,7% l'an et que l'Inde vient de rejoindre la Chine dans le club fermé des pays à plus d'un milliard d'habitants, tous les décideurs s'accordent pour dire que la poursuite de la croissance démographique constitue le plus grand obstacle à l'accomplissement de progrès en matière de sécurité

alimentaire, d'élimination de la pauvreté et de la malnutrition durant les prochaines décennies. La figure 4 montre l'importance de la fraction actuelle des jeunes de moins de 15 ans dans la population des grands pays rizicoles d'Asie.

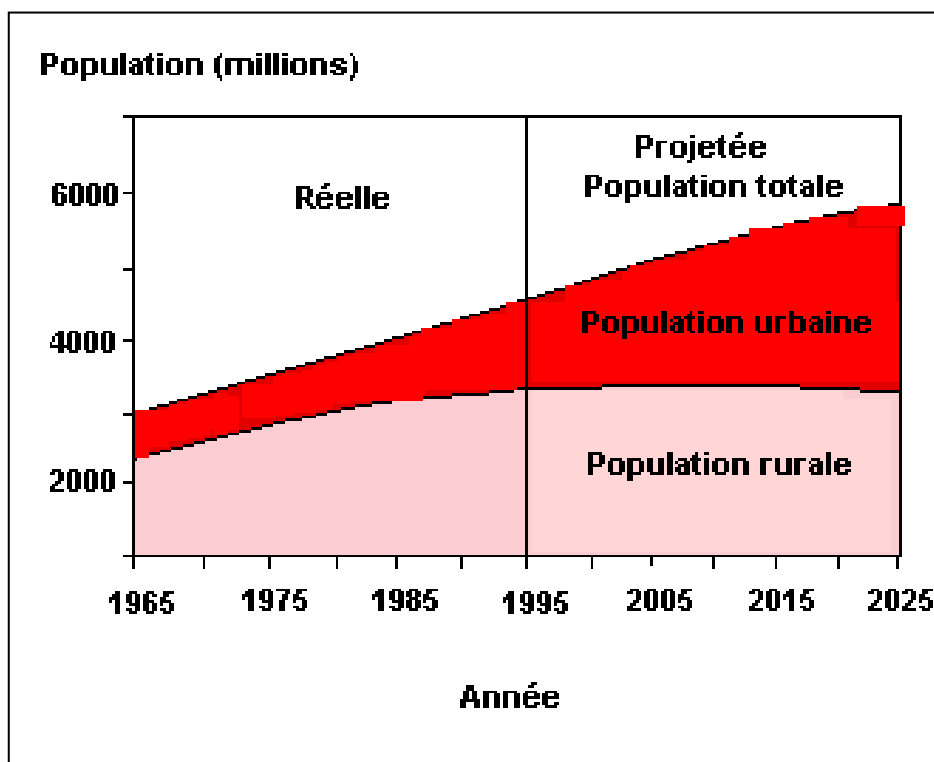
Figure 4. Pourcentage de la population âgée de moins de quinze ans chez une sélection de pays asiatiques.



Source : adapté de « World Resources », 1996-1997 et de la FEER, 1997.

Dans ce contexte démographique et en tenant compte de l'élasticité de la demande en riz par rapport à l'augmentation des revenus, pour nourrir l'Asie le scénario le plus récent sur l'évolution du rapport offre - demande en riz blanc estime que le continent devra encore accroître sa production d'environ un quart d'ici 2020, pour la porter à environ 650 millions de tonnes contre 520 millions de tonnes récoltées en 1998. Si l'augmentation de la production de riz n'arrive pas à s'effectuer à ce rythme, la pression à la hausse sur son prix risque de mettre ce produit essentiel hors de portée des multitudes au pouvoir d'achat insuffisant. En 2020, le taux de croissance démographique moyen en Asie devrait encore être voisin de 1,0%, la population du continent aura augmenté d'environ un quart et le nombre de consommateurs de riz devrait alors largement dépasser les trois milliards de personnes sur les huit milliards d'habitants qui peupleront alors la planète. Si la grande majorité du supplément de population à venir habitera en milieu urbain (figure 5), ces personnes dépendront pour leur alimentation de l'augmentation des surplus rizicoles obtenus à partir de surfaces moyennes cultivées par habitant en diminution. En Asie, ce ratio devrait en effet passer de 0,15 ha/hab en 1995 à 0,09 ha/hab en l'an 2025.

Figure 5. Projections démographiques des populations rurale et urbaine globales en Asie.

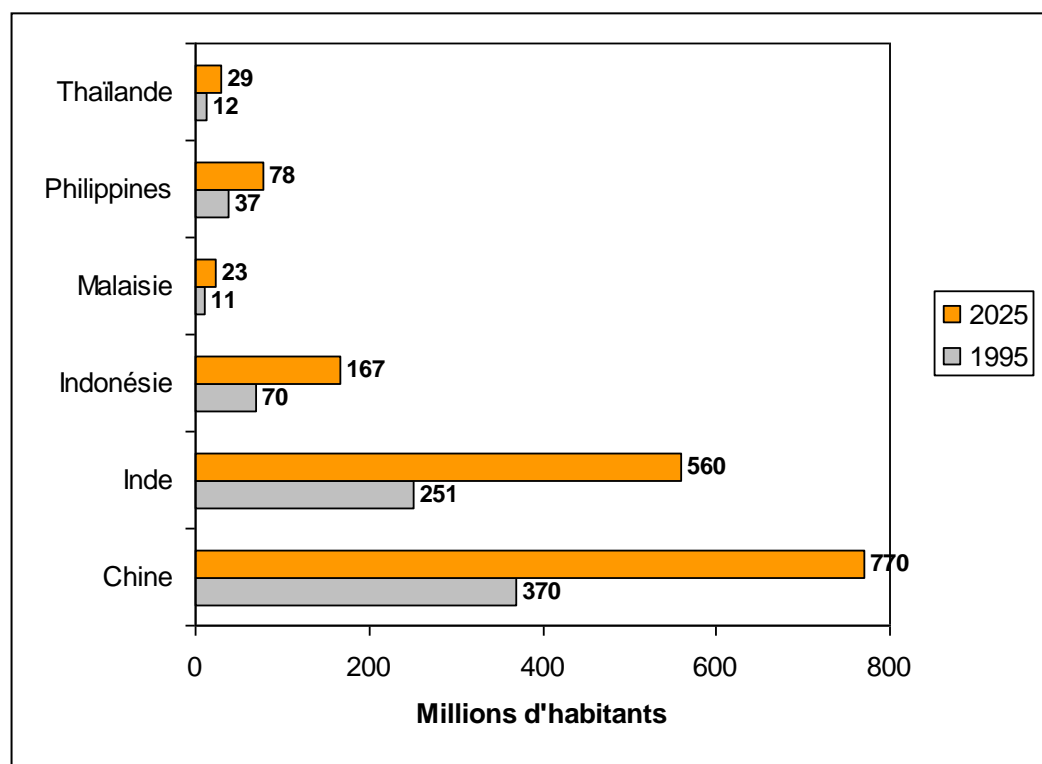


Source : Nations Unies, 1998. Perspectives sur l'urbanisation mondiale.

L'Asie peut-elle produire autant de riz dans de telles conditions? Et pourra-t-elle le mettre à disposition de ceux qui en auront le plus besoin, c'est-à-dire ces centaines de millions de paysans sans terres et de travailleurs citadins qui dépensent entre 50 et 70% de leurs revenus pour se procurer la céréale essentielle? L'enjeu est crucial, car échouer pourrait générer des réactions sociales désespérées chez les multitudes marginalisées des nombreuses mégapoles d'Asie<sup>5</sup> appelées à s'étendre encore et à se multiplier durant les prochaines décennies (figure 6).

<sup>5</sup> L'Asie abrite actuellement 9 des 14 mégapoles mondiales de plus de 10 millions d'habitants chacune. Selon la Banque asiatique pour le développement (ADB), en 2015, elle en supportera 17, sur un total planétaire de 27.

Figure 6. Projections sur l'évolution de la population urbaine pour une sélection de pays rizicoles asiatiques entre 1995 et 2025.



Source : adapté de la FEER, 1997.

Alors que l'urbanisation va s'accroître en Asie durant le prochain quart de siècle, produire assez de riz à un prix acceptable par la frange citadine défavorisée - et trouver assez de terres, d'eau et de bras pour cela - pourrait bien redevenir une question politique brûlante dans plusieurs pays. La question rizicole risque fort de redevenir la pierre angulaire du débat entre les calamités inséparables que sont la faim, la pauvreté, la croissance démographique rapide et la dégradation des ressources naturelles renouvelables.

Déjà, alors que la crise actuelle, financière puis économique et même politique dans de nombreux pays, a dompté les jeunes « tigres et dragons » économiques et renvoyé nombre de travailleurs salariés dans les villages, la production agricole, en particulier la riziculture, ont pu ré-émerger et être socialement revalorisées en tant que puissantes composantes sur lesquelles compter, autant que lors du premier décollage économique passé, pour faire redémarrer l'économie nationale. Ainsi en Thaïlande, suite aux exportations records de ces dernières années, le secteur rizicole est réhabilité dans l'esprit des décideurs car il a constitué l'outil le plus sûr pour l'acquisition des précieuses devises et le paiement de la dette depuis la crise amorcée par la chute de la monnaie nationale en juin 1997. A la campagne, la dévaluation a vu le prix d'achat du paddy à la ferme bondir de quelques 4.800 à 7.600 bahts (+58%), ce qui a rendu espoir aux petits riziculteurs thaïs relativement peu consommateurs d'intrants d'origine industrielle importés. Dans plusieurs pays asiatiques, l'accroissement du chômage et du taux de pauvreté, les fortes perturbations des échanges internationaux, la remise en question du modèle de développement économique reposant sur l'accroissement des

exportations, sont autant de facteurs qui contribuent actuellement à une réhabilitation significative du secteur rizicole et de son importance.

Je considère que le fait d'avoir réussi à nourrir l'Asie durant les trente dernières années à croissance démographique rapide constitue à lui seul un « miracle économique » plus important que les dix années de croissance accélérée à deux chiffres enregistrée dans de nombreux pays avant le « crash » financier de 1997, puis la crise économique actuelle qui en montre toute la fragilité, voire la vanité. La seconde partie de cette synthèse tente d'expliquer comment ce résultat a pu être obtenu. Je tenterai ensuite de démontrer que le nouveau bond nécessaire de la production rizicole asiatique ne pourra pas dépendre seulement d'une diffusion des technologies et des pratiques agricoles déjà disponibles et qu'il n'est pas pensable de se reposer sur les lauriers, d'ailleurs très inégalement répartis, des trois décennies passées de la « révolution verte » rizicole. Le rôle clef de la recherche agricole sera alors à nouveau souligné. Elle devra assister efficacement les petits riziculteurs familiaux à concevoir et à mettre au point de nouvelles technologies et pratiques, diversifiées et intensives en connaissances, pour une meilleure gestion collective des ressources productives. Mais ces dernières devant être le plus souvent en contraction lors des prochaines décennies, la recherche devra aussi aider à la définition et à la mise en œuvre de politiques agricoles incitatrices, outils indispensables pour favoriser la dissémination de nouvelles technologies, connaissances et pratiques permettant d'atteindre le but ultime.



## 2. Origines, contenu, succès et limites des trois décennies de révolution verte (RV) rizicole en Asie

*«La révolution verte en Asie du Sud est une des plus importantes  
(mais encore incomprise)  
expérience de développement par changement technique,  
coopération internationale et persévérance nationale.»  
Uma Lele, 1995.*

### 2.1 Origines et nature de la révolution verte rizicole en Asie

A partir de travaux pionniers sur l'amélioration variétale du riz réalisés dès les années trente au Japon et durant l'après-guerre en Chine et à Taiwan, les recherches conduites par l'IRRI et ses partenaires des premiers SNRA rizicoles asiatiques aboutirent à partir du milieu des années soixante à la production d'un nouveau type de plante de riz pour les tropiques humides. Bien qu'obtenus par croisements variétaux classiques, ces nouveaux cultivars sont des riz *indica* semi-nains exprimant un potentiel de rendement très élevé, pouvant permettre de tripler le rendement en paddy en de nombreux endroits. Ce potentiel, pour être réalisé ou approché exige l'adoption des nouvelles pratiques culturales (la fertilisation minérale azotée notamment), de gestion des sols et de l'eau qui doivent impérativement accompagner l'usage de ces nouvelles variétés. Je considère que c'est cette nouvelle technologie rizicole innovante, permettant un saut quantitatif impressionnant des rendements en paddy sous les tropiques humides, qui a été à la base de l'impressionnante croissance de la production rizicole en Asie durant les trois dernières décennies. Ces nouvelles variétés et pratiques survinrent à point nommé, dans un contexte géopolitique très tendu en Asie du Sud et du Sud-Est qui, en retour, leur fournit ensuite d'importants moyens pour se répandre.

#### *La situation géopolitique en Asie à la fin des années cinquante*

Des craintes très malthusiennes sur les dangers d'une surpopulation en Asie augmentant les risques de famines dominaient les discours dès la fin des années cinquante et au début de la décennie suivante (Dumont, 1965 ; Dumont et Rosier, 1966, Paddock et Paddock, 1967). Ces inquiétudes furent attisées par les deux années de sécheresse de 1965 et 1966, alliées aux effets désastreux (environ 30 millions de victimes) de l'expérience du « grand bond en avant » de la Chine maoïste. Mais c'est sans doute surtout à cause de la progression de l'influence des régimes communistes dans ces régions (cf. le conflit frontalier entre la Chine et l'Inde de 1962, la guerre indo-pakistanaise de 1965, la guerre du Viêt-Nam et ses débordements dans les pays voisins, etc.), que l'aide américaine, de la Banque Mondiale et celle d'autres grands pays (Japon, Allemagne, etc.), se redessina alors en faveur d'importants soutiens financiers à l'agriculture, au contrôle de la croissance démographique et à l'accueil d'investissements étrangers, au détriment des projets d'industrialisation lourde.

Dans ce contexte géopolitique au rôle déterminant, des programmes relais, comme celui de la Fondation Ford, dénommé « Programme pilote de développement agricole intensif » lancé en 1961, allaient servir de courroies de transmission au démarrage de la révolution verte rizicole dans certaines régions cibles de l'Inde, du Pakistan, de la Malaisie, de l'Indonésie et des Philippines. Dès 1970, le mouvement était loué par ses promoteurs zélés (parlant même de « riz miracles ») pour ses effets « vertueux » sur la production agricole et les performances des économies nationales. Les importants investissements qu'il entraînait dans les domaines de l'irrigation, de la production d'engrais et de pesticides bénéficiait en effet à un développement industriel ouvert au partenariat, pas toujours égalitaire loin s'en faut, avec les firmes étrangères. Au même moment, les importants volumes de produits vivriers engrangés stabilisaient les prix des denrées de base et contribuaient à éviter l'envolée des prix des produits manufacturés. Dès 1973, l'Inde atteignait l'autosuffisance alimentaire, mais la crise du pétrole et le déficit de l'approvisionnement en engrais allait y tempérer l'enthousiasme initialement soulevé.

### *Intensifier la production rizicole pour faire face à l'explosion démographique*

Suite à une série de mauvaises récoltes à la fin des années cinquante, le spectre de famines massives planait sur l'Asie. La croissance démographique, stimulée par l'amélioration des soins et de la santé des populations, menaçait de faire perdre aux riziculteurs leur capacité à fournir à l'Asie sa ration quotidienne d'aliment de base. Les tentatives de « transfert » direct des progrès agricoles des pays industrialisés vers ceux du Sud lors de l'après-guerre ayant échoué, il était devenu évident que les technologies sur lesquelles le développement agricole des zones tropicales pourrait s'asseoir devaient voir le jour dans les conditions mêmes de ces régions. Après deux années de préparatifs, l'IRRI fut établi en 1960 par les Fondations américaines Ford et Rockefeller, avec l'aide du gouvernement philippin. Le nouvel institut fut inauguré officiellement le 7 février 1962 sur environ 80 hectares de terres appartenant à l'Université des Philippines à Los Baños, dans la province de Laguna, à quelques soixante kilomètres au sud de Manille. Sa durée de vie initialement prévue était de 25 années, mais ses pères fondateurs envisagèrent prudemment la possibilité de l'étendre d'autant si cela était encore justifié, ce qui fut bien le cas.

A partir de 1960, la petite équipe pionnière de chercheurs de l'IRRI travaille, autour de son très charismatique directeur Robert Chandler, à l'élévation du potentiel de rendement du riz irrigué en conditions tropicales humides en changeant les caractéristiques morphologiques et physiologiques de la plante. Avant eux, en Chine, les premières variétés modernes semi-naines et précoces sont apparues en 1957 et, dès 1965, elles occupaient déjà la presque totalité des rizières de la province méridionale de Guangdong lors du cycle de début de campagne. Quelques années plus tard, lors de la création des riz hybrides *indicas*, la Chine devancera à nouveau toutes les autres nations asiatiques en réussissant leur production dès 1974. En Inde, c'est la variété taïwanaise « Taichung Native », remplacée l'année suivante par l'IR8, qui initia en 1965 ce qui allait devenir le mouvement de la révolution verte rizicole. Dans ces deux immenses pays, le choix de l'intensification de la production rizicole avait donc été fait avant même la création de l'IRRI.

## 2.2 Les premiers pas de la révolution verte dans les SNRA et la première décennie de l'IRRI

Sous les tropiques humides d'Asie, une importante diffusion des nouvelles techniques de production rizicole reposant sur la culture intensive en intrants de ce type de variété *indica* semi-naine est en effet amorcée dès 1966 avec le lancement de l'IR8, issu d'un croisement entre une variété naine de Taiwan et le cultivar de grande taille indonésien *Peta*. Avec l'aide de la coopération internationale, c'est le premier riz semi-nain non photopériodique, au feuillage érigé, répondant fortement à la fertilisation minérale, résistant à la verse et à potentiel de rendement très élevé sous les tropiques humides à être largement disséminé. L'IR 8 produit, en conditions optimales, jusqu'à 10 t/ha de paddy en saison sèche à radiation solaire très élevée et 6-7 t/ha en saison de mousson humide. Ces potentiels de rendements doivent être comparés avec un maximum de 3,5 t/ha de paddy obtenus avec les cultivars traditionnels antérieurs (Khush, 1995). Même si les méthodes utilisées pour obtenir ce type de plante restent classiques, le quasi triplement de la productivité physique obtenu fait de cette innovation technique un événement majeur de l'histoire rizicole en Asie tropicale.

L'IR8 établit dès lors un record de productivité physique qui tiendra plus de 30 ans, même si des variétés plus précoces, telle que l'IR 36 (récolté seulement 70 jours après son repiquage), permettront ensuite d'atteindre ces niveaux en moins de temps et offriront par endroits la possibilité de pratiquer un cycle cultural supplémentaire, permettant ainsi de passer de la double à la triple culture annuelle<sup>6</sup>. Si durant la période 1951-1966 les rendements en paddy avaient en moyenne augmenté de 1,3% par an, après 1966 ce taux passa à plus de 2%. L'IRRI distribua quelques 74 tonnes de semences de la variété IR8 en juillet 1966, dont 60 tonnes rien qu'aux Philippines, à raison de deux kilogrammes de semences par agriculteur en faisant la demande. Dès 1970, 100% des rizières environnantes de la province de Laguna, étaient cultivées avec des variétés semi-naines de première génération (de l'IR5 à l'IR34), ainsi que 67% des surfaces rizicoles du principal « bol de riz » philippin au centre de l'île de Luzon.

Dès le début des années soixante dix, de nombreux critiques soulignèrent les effets négatifs *potentiels* du mouvement de révolution verte sur les couches sociales défavorisées à la campagne, car la mise en œuvre des pratiques de la riziculture moderne nécessitait plus de trésorerie et de capital pour l'acquisition des intrants et la mécanisation des opérations de début et de fin de cycle cultural. Ils soulignaient les *risques* de polarisation au sein de la paysannerie qui découleraient de la diffusion sélective de ce progrès technique à cause des inégalités de distribution de la propriété de la terre et des structures sociales, les paysans sans terres et salariés agricoles pouvant notamment selon ces auteurs être dépossédés de

---

<sup>6</sup> Depuis la fin des années quatre-vingt, les riziculteurs chinois de la région au climat subtropical de Taoyuan au Yunnan obtiennent des rendements pouvant dépasser les 15 t/ha de paddy, la variété semi-naine de référence IR 72 produisant 1,5 fois plus sous ce climat plus frais et sec que sous les tropiques humides, mais en 160 jours au lieu de 115 à l'IRRI. En Egypte, avec ses longs jours très ensoleillés, les meilleurs cultivars semi-nains modernes atteignent des rendements de 13 t/ha de paddy.

leurs emplois et appauvris (Frankel, 1971 ; Byres, 1972 ; Griffin, 1974 ; Pearse, 1980 ; ainsi que de nombreux autres auteurs). En effet, par endroits, le choix d'une mécanisation lourde et complète des opérations culturales, alliées à une politique foncière ne protégeant pas les petits fermiers a pu au début de la révolution verte être à l'origine de l'éviction de petits producteurs. Ainsi au Punjab, quelques 800.000 petites exploitations agricoles de moins de 2 ha reposant sur la succession de cultures riz-blé auraient ainsi été éliminées entre 1971 et 1981, tandis que la part des salariés dans la force de travail agricole augmentait de 32 à 38%. Là où l'expansion des superficies cultivées sur des jachères ou des terres nouvellement mises en culture n'a pas été possible lors de l'acquisition de tracteurs par les propriétaires pour accélérer les travaux de préparation du sol, des déplacements de fermiers ont également eu lieu. Ce fut notamment le cas en Asie du Sud, lorsque cette moto-mécanisation lourde ne pouvait être accompagnée d'une augmentation du nombre de cycles culturaux par an et que la politique foncière permettait ces évictions (Pingali, 1998). L'ambiance pessimiste créée par de tels cas amena l'IRRI à lancer en 1975 un programme de recherche collaborative sur les «conséquences économiques de la nouvelle technologie rizicole» destiné à produire un bilan critique des effets de la première décennie du mouvement de la révolution verte. Si les enquêtes de terrain conduites dans plusieurs pays constatèrent que les plus grandes exploitations agricoles en faire-valoir direct adoptèrent en effet en premier (et de façon plus visible en Asie du Sud qu'ailleurs) les variétés semi-naines à haut potentiel de rendement et les pratiques de conduite de la culture nécessaires à l'expression au champ de ce progrès génétique, leur diffusion sur les petites exploitations et chez les fermiers s'ensuivit, en général quelques années plus tard et de façon très nette dès la seconde moitié des années soixante dix, notamment grâce à la mise en place de politiques agricoles fortement incitatrices. J.L. Maurer a décrit ce phénomène de façon détaillée dans le cas de l'est de Java. Si au départ les propriétaires terriens moyens et riches furent les premiers bénéficiaires des innovations techniques proposées, dès 1972, alors que les mesures de politique agricole accompagnatrices tâtonnaient encore, 90% des « *sawah* » locales étaient emblavées avec des variétés semi-naines à l'aube de « la décennie du développement ». Je souhaite souligner le rôle clef joué par ces mesures de politique agricole et institutionnelles pour la réussite du changement technologique au bénéfice des plus défavorisés avec, au moins à court terme, une régulation sociale de la distribution des moyens de production leur permettant d'accéder au progrès technique en prenant des risques acceptables. Car on ne peut attendre du changement technique seul la correction de sévères inégalités sociales.

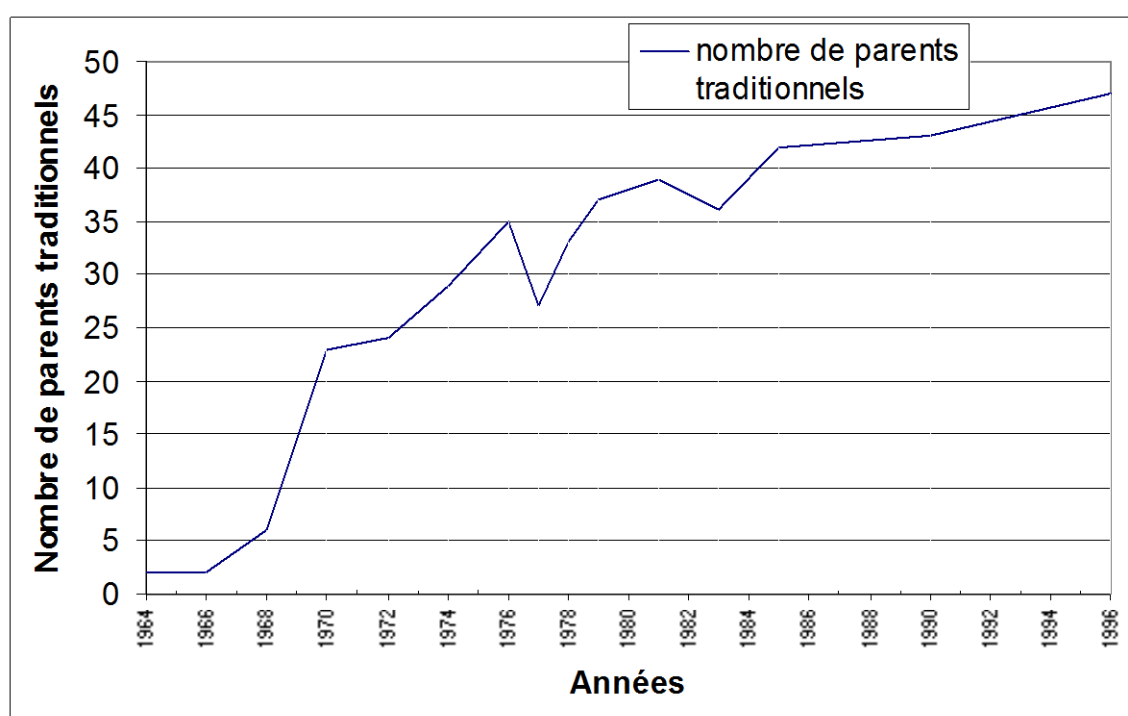
Mais dès la fin des années soixante, une conséquence négative importante de cette première phase de l'intensification rizicole sous les tropiques humides fut l'augmentation rapide des populations de ravageurs de la culture auparavant tenus pour mineurs. C'était le cas de la redoutable cicadelle brune en particulier qui se mit à pulluler après que les applications d'insecticides aient anéanti ses ennemis naturels. Par ailleurs, des maladies comme le virus tungro, propagé par une autre cicadelle entraînèrent aussi de sévères pertes de rendements et augmentèrent leur instabilité interannuelle. Encouragés par des politiques laxistes, subventionnant largement l'usage des intrants chimiques, les riziculteurs commencèrent à appliquer des pesticides, souvent de façon peu raisonnée, afin de contrôler ces nouveaux ennemis de la culture. Certains gouvernements mirent en place dans l'urgence des plans de lutte chimique aux effets néfastes, tel que les pulvérisations aériennes d'insecticides

réalisées par la société CIBA à Java. Face à de telles dérives et soucieux d'élargir la base génétique des riz semi-nains cultivés, dès 1969 les sélectionneurs de l'IRRI s'attachèrent à prémunir leurs nouvelles variétés contre ces agresseurs au moyen de l'insertion dans le nouveau matériel végétal disséminé de caractéristiques génétiques de tolérance ou de résistance à ces agressions encapsulées dans la semence de riz.

### 2.3 La seconde phase de la révolution verte rizicole

De nouveaux cultivars semi-nains de seconde génération, incorporant de plus en plus de résistances aux ravageurs et maladies de la culture et disposant d'une meilleure qualité du grain sont rapidement créés et diffusés pour remplacer l'IR8. Ce fut le cas, dès 1973, de l'IR26, variété résistante à la très redoutée cicadelle brune. Dans la figure 7, j'attire l'attention sur le fait que la sélection de ces nouveaux cultivars à résistances multiples vis-à-vis des ravageurs et maladies de la culture à cette époque fait de plus en plus appel à des variétés traditionnelles dans leur parenté.

Figure 7. Evolution du nombre de variétés traditionnelles utilisées comme parents pour la sélection des variétés modernes de riz.



Source : IRRI, 1998.

Ces nouvelles lignées d'*indicas* semi-nains sont dorénavant utilisées en amélioration variétale classique par les SNRA pour produire des variétés plus adaptées à leurs situations (amélioration de la qualité du grain selon les préférences locales notamment) qu'ils diffusent ensuite largement au niveau national. En 1975, L'IRRI abandonne ainsi sa politique de nomination des variétés et de leur diffusion, laissant ce soin aux SNRA avec lesquels le

partenariat se renforce une première fois. Mieux armées pour faire face aux ravageurs et maladies de la culture, ces cultivars de seconde génération doivent aussi permettre de diminuer la dépendance des riziculteurs vis-à-vis de produits pesticides dangereux et ainsi de limiter les variations interannuelles des rendements en réduisant les risques d'infestations et d'épidémies.

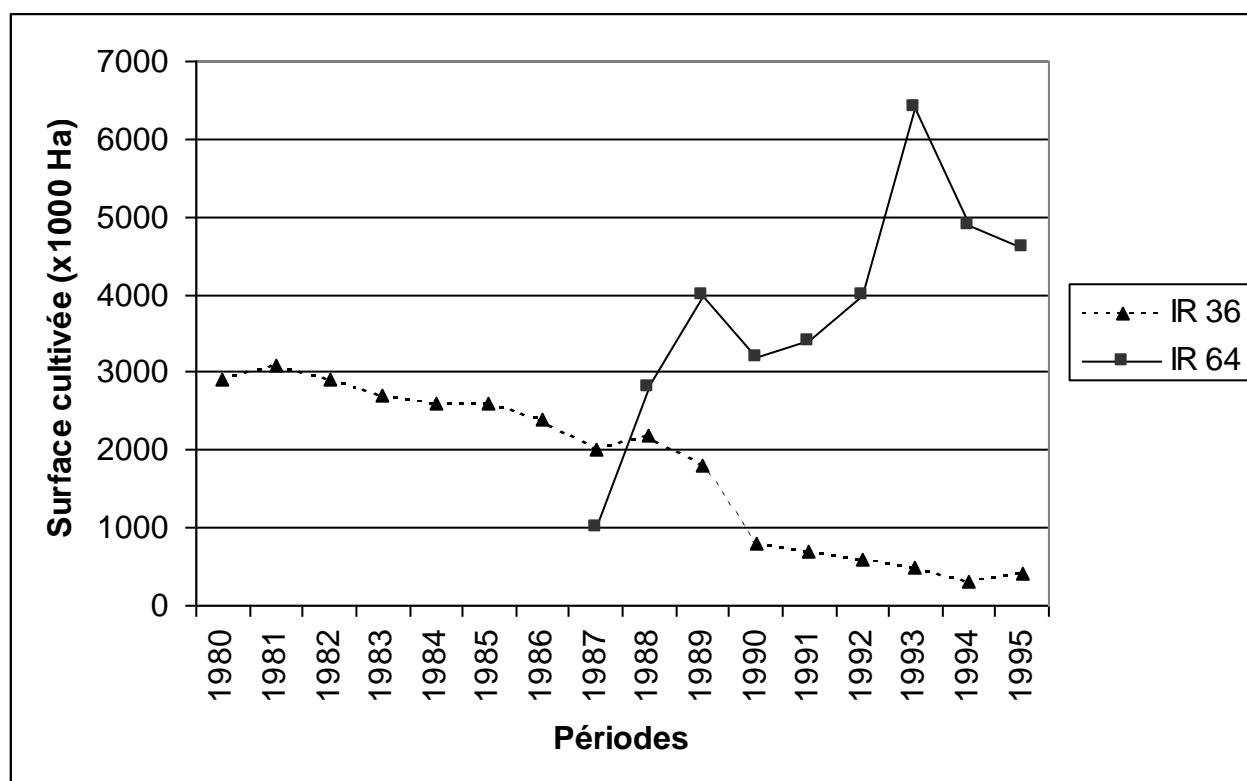
A partir de 1976, l'IR36, le meilleur représentant de cette seconde génération de variétés semi-naines, est largement adopté à cause de sa résistance à neuf ravageurs différents et de sa tolérance à sept types de problèmes liés aux sols ainsi qu'au déficit hydrique. Dès 1978, il permet à l'archipel des Philippines d'exporter un surplus de production de paddy pour la première fois de son histoire et à la fin de la décennie, cette variété est promue au rang de « culture vivrière historiquement la plus largement cultivée au monde » (elle couvrira environ 10 millions d'hectares de rizières en 1982). L'importante réduction de la durée du cycle cultural qu'elle permettait avait alors porté le potentiel de rendement en paddy par jour et par hectare de culture de 70 kg avec l'IR8 à 90 kg avec l'IR36. Mais dans la plupart des cas, les riziculteurs continuèrent leurs régimes d'applications d'insecticides, souvent agronomiquement peu justifiées, mais également économiquement peu coûteuses pour les producteurs puisque d'importantes subventions publiques facilitaient dorénavant leur accès à ces intrants. Ainsi pour la seule année 1980, environ 910 millions de \$US furent dépensés pour l'achat d'insecticides épandus sur la totalité des surfaces cultivées en riz de part le monde.

La réduction de près d'un tiers de la durée du cycle rizicole, d'environ 150 jours avant 1965 à seulement un peu plus de 100 jours chez l'IR36, a permis un accroissement important de l'index d'intensité de culture (nombre de cycles culturaux/ha/an), ainsi que l'incorporation de productions non rizicoles en rizières irriguées ou inondées sous climat à longue saison humide. Ce fut le cas avec les légumineuses à graines de cycle court, comme le haricot mungo (*Vigna radiata*) au cycle cultural de 50-60 jours, aux Philippines et au centre de la Thaïlande. Mais, comme par exemple dans le cas de l'Inde, les changements dans les successions de culture suite à l'adoption des cultivars de riz semi-nains très précoces doivent être appréhendés région par région en fonction des conditions locales. Ainsi, avec l'adoption de la variété précoce ADT 27, de grandes étendues de rizières cultivées avec un seul cycle cultural annuel (*Samba*) furent converties à la double culture (*Kurivai* et *Thalladi*) dans le delta du Thanjavur de l'Etat du Tamil Nadu, tandis qu'au nord de l'état de l'Andra Pradesh, c'est le cultivar GEB 24 qui aurait permis le passage à la double culture. Ailleurs, le remplacement d'autres cultures (légumineuses à graines, maïs, sorgho, mil et cotonnier) par les variétés de riz précoces à haut potentiel de rendement, a permis à d'autres régions, comme le Punjab, l'Haryana et le Telangana, de devenir de grandes zones rizicoles. Ainsi, dans l'Etat de l'Haryana, entre 1971-72 et 1981-82, les surfaces rizicoles doublèrent et la production de l'Etat tripla. Mais en certains endroits de cet Etat, cette évolution aurait aussi entraîné une baisse de la consommation d'aliments autres que le riz dans les rations quotidiennes. C'est une situation similaire que J.L. Maurer décrit dans le cas d'un des villages rizicoles à l'est de Java où il enquêta au tout début des années soixante dix (Maurer, 1986). Mais il ne retrouva pas cette tendance dans les autres villages voisins étudiés. De même, au début des années quatre vingt, j'observais à la fois l'expansion de la succession riz - haricot mungo à l'ouest de la plaine

centrale thaïlandaise et l'échec total des essais de vulgarisation de cette succession culturale sur mon terrain de thèse à Sathing Phra aux conditions pédoclimatiques bien plus contraignantes (Trébuil, 1987). Cet exemple montre bien que, face à la diversité des situations agraires concrètes, les effets positifs ou négatifs de l'augmentation de cet index d'intensité de culture ne peuvent être rigoureusement analysés qu'au cas par cas. Une telle analyse impose notamment de tenir compte dans ce cas précis de la densité démographique, des stratégies spécifiques (d'autosubsistance ou marchandes) des producteurs, ainsi que de leurs modes de gestion des risques économiques et climatiques, largement liés dans le cas présent à la qualité des infrastructures d'irrigation et de drainage).

Obtenu en 1985, l'IR64, première variété d'une troisième (et dernière) génération de riz *indicas* semi-nains, au grain de meilleure qualité, marqua une nouvelle étape de progrès sensible dans le domaine de l'amélioration variétale rizicole en permettant notamment aux riziculteurs de mieux vendre leurs récoltes. Ainsi que le montre la figure 8 pour le cas indonésien, les riziculteurs ne tardèrent pas à la substituer aux cultivars de la génération précédente.

Figure 8. Changements chez les variétés semi-naines de riz les plus populaires en Indonésie au court des seconde et troisième phases de la révolution verte entre 1980 et 1995.

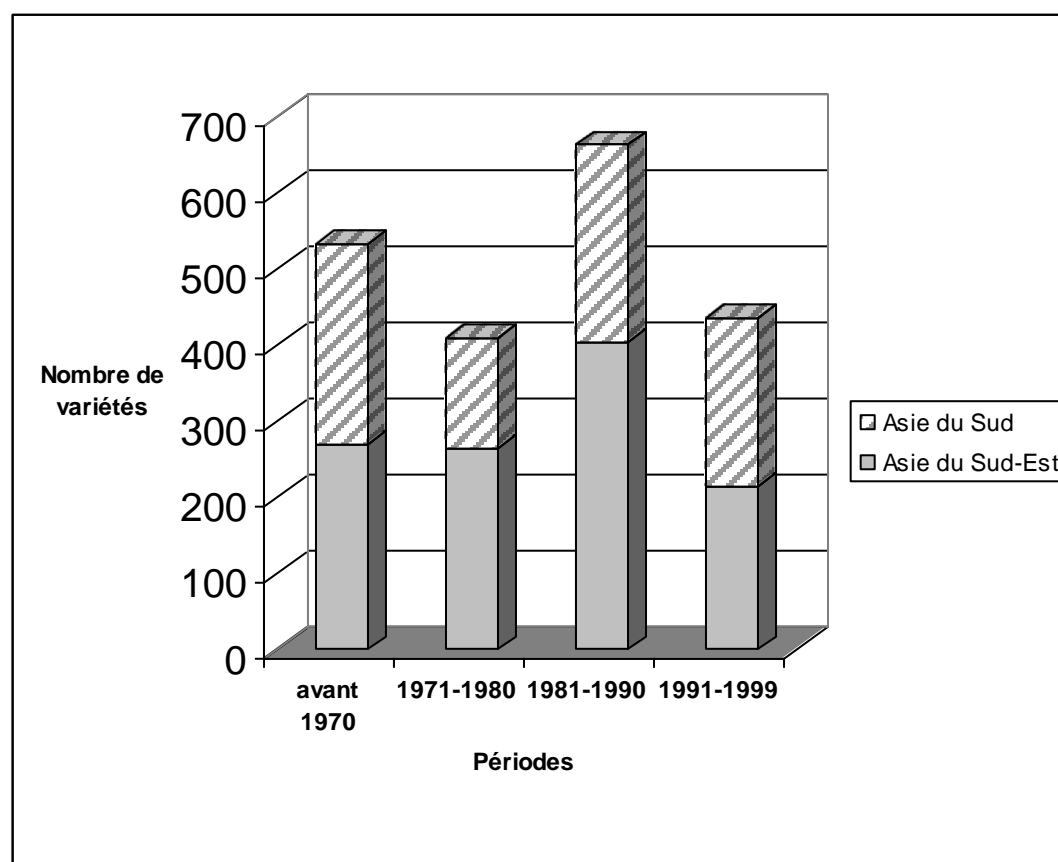


Source : Hossain, com. pers.

Au fil des années et grâce au renforcement des capacités de recherche des SNRA, qui acquièrent ainsi une activité relativement hypertrophiée en amélioration variétale encore visible de nos jours, le nombre de cultivars modernes proposés aux riziculteurs augmenta rapidement. Au Viêt-Nam, depuis l'introduction de l'IR8, 63 nouvelles lignées obtenues par

l'IRRI furent successivement utilisées pour diffuser des variétés recommandées qui occupent à ce jour plus de 70% des superficies rizicoles du pays. De l'apparition de l'IR8 à la fin de la dernière décennie, 225 variétés ou lignées pures ont ainsi été produites et disséminées depuis l'IRRI. Entre 1962 et 1991, on a pu répertorier quelques 1.741 variétés nouvelles recommandées par les SNRA, dont 643 pour l'Inde seule (Evenson, 1998). La figure 9 présente l'évolution du nombre de variétés de riz recommandées au cours des dernières décennies en Asie du Sud et du Sud-Est. En permettant de mieux stabiliser les rendements, les deux dernières générations de cultivars semi-nains ont joué un rôle moins visible mais tout aussi important que celui des premières variétés qui avaient permis un triplement du potentiel de rendement et ouvert la porte de l'intensification rizicole sous climat tropical humide.

Figure 9. Evolution du nombre de variétés de riz recommandées en Asie du Sud et du Sud-Est au cours des dernières décennies.



Source : Hossain, com. pers.

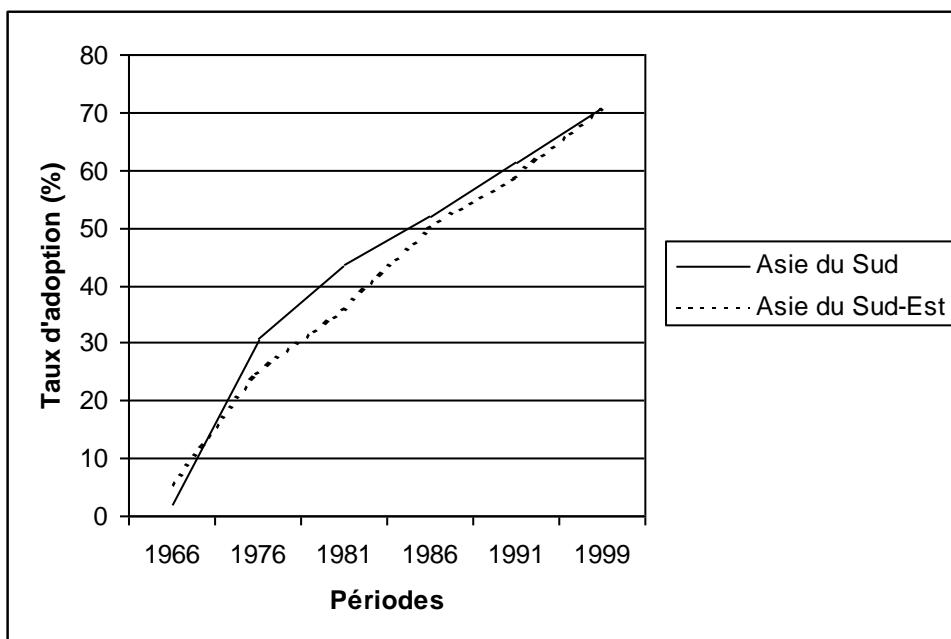
J'estime donc que les faits observés ne s'accordent pas avec l'idée reçue selon laquelle la révolution verte, par sa nature même, aurait réduit la diversité des ressources génétiques rizicoles présentes dans les rizières asiatiques, même si, ça et là, on assiste à une uniformisation des choix variétaux. Quand elle a lieu, elle est d'abord le plus souvent décidée par les riziculteurs eux-mêmes préférant tel ou tel cultivar, comme l'IR64 à Java et au centre de l'île de Luzon aux Philippines par exemple. Une telle uniformité locale du choix variétal a toujours inquiété l'IRRI, mais un tel phénomène n'est pas apparu avec les riz semi-nains. J'ai ainsi pu observer le même phénomène dans le cas de variétés traditionnelles dans des régions



non touchées par la révolution verte rizicole. Ainsi, sur le plateau de Korat, au nord-est de la Thaïlande, plusieurs millions d'hectares de riz inondé sont cultivés chaque année avec la variété traditionnelle KDML 105 (commercialisée et largement exportée) et son équivalent à grain glutineux RD6 (largement consommé sur place) aux pools génétiques quasi identiques. La qualité de leur grain aromatique et leur excellente adaptation aux conditions pédoclimatiques locales très contraignantes (sols pauvres à texture grossière, risque de sécheresse temporaire important durant le cycle cultural) justifient cette très vaste aire de culture sur le plateau *Isarn*.

Si au début des années quatre vingt, environ un tiers des surfaces rizicoles d'Asie du Sud et du Sud-Est étaient cultivé avec les variétés modernes semi-naines à haut potentiel de rendement, à la fin de la décennie quatre vingt dix ce chiffre atteignait environ 70%. La figure 10 montre que le rythme d'adoption des cultivars semi-nains fut légèrement supérieur en Asie du Sud comparé à celui observé en Asie du Sud-Est. Bien qu'il n'atteint qu'environ 60% en Inde, ce pays a globalement enregistré un doublement du rendement moyen de ses rizières depuis les années soixante (ils sont passés de 1 à 2 t/ha), avec certes de très grandes variations inter-régionales que nous analyserons ci-dessous.

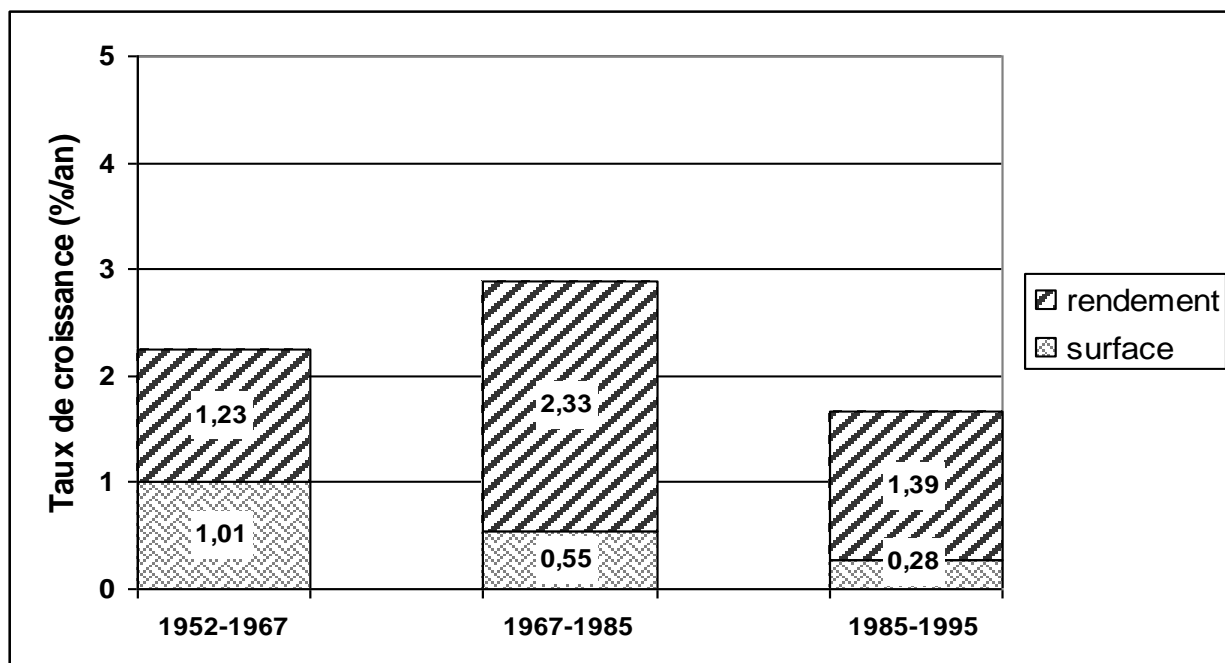
Figure 10. Evolution de l'adoption des variétés semi-naines de riz en Asie du Sud et du Sud-Est entre 1966 et 1999. (Taux d'adoption = pourcentage de la surface rizicole récoltée emblavée avec des variétés semi-naines).



Parallèlement, il est important de remarquer qu'au cours des trois dernières décennies, la part de la croissance de la production de paddy attribuable à l'extension des surfaces rizicoles a fondu (figure 11). Avant 1976, environ un tiers de la croissance rizicole était due à l'expansion des surfaces cultivées, principalement au moyen du passage à la double culture annuelle permis par l'adoption de cultivars non photopériodiques et de plus en plus précoces. Après cette date la plupart des gains de production enregistrés proviennent de l'élévation des

rendements permise par le progrès génétique et les nouvelles pratiques de conduite de la culture. Si la superficie rizicole récoltée sur le continent est passée de 96 millions d'hectares en 1951 à 128 millions en 1975, elle a peu augmenté depuis et a fluctué autour de 132 millions d'hectares durant la dernière décennie.

Figure 11. Croissance en pourcentage des parts respectives de l'expansion des surfaces cultivées et de l'augmentation des rendements dans l'accroissement de la production rizicole, pendant et après la révolution verte en Asie.



Source : Rapport de la revue externe de l'IRRI, CGIAR, 1998.

Récemment, face à une relative stagnation des rendements, les surfaces rizicoles de seulement trois grands pays producteurs (Birmanie, Indonésie et Philippines) se sont étendues. Ainsi, dans le domaine environnemental, sans le saut qualitatif important de la productivité du sol en rizière autorisé par la révolution verte, les populations n'auraient eu d'autre choix que d'étendre d'environ 40 millions d'hectares les superficies cultivées. Cela aurait conduit à la culture de terres plus marginales, notamment dans l'écosystème à riz pluvial, en y aggravant encore les problèmes liés à la déforestation, à la dégradation des terres par érosion en ruissellement concentré et glissements de terrain qui y sont malgré tout observés de nos jours et que j'ai récemment pu étudier en détail au nord de la Thaïlande (Turkelboom et Trébuil, 1998, 1999). Ce constat ne veut bien entendu pas dire que la révolution verte n'a pas eu d'effets négatifs sur l'environnement, mais ils sont d'une autre nature comme nous le verrons en quatrième partie de cette synthèse. Il se pourrait d'ailleurs que la tendance à l'érosion du rythme d'augmentation des rendements du riz irrigué depuis la fin des années 80 soit parfois une conséquence de la dégradation des ressources naturelles dans les zones à haute productivité cultivées très intensivement. En tous les cas, aujourd'hui, on estime à seulement un pour cent le taux de croissance annuel moyen de la production rizicole pouvant encore être accessible grâce au progrès génétique continu obtenu avec les techniques d'amélioration variétale classiques dans les zones irriguées à forte productivité

d'Asie humide, taux qui, en de très nombreux endroits, est bien inférieur à celui de la croissance démographique.

## **2.4 Impact de la révolution verte rizicole sur la productivité, la sécurité alimentaire et la pauvreté en Asie**

Tandis que les critiques des années soixante dix avaient raison de se soucier des mécanismes de distribution et d'accès aux gains de production nouvellement permis, avec plus de recul, je pense qu'ils furent trop pessimistes quant aux conséquences de la révolution verte sur la paysannerie pauvre. D'ailleurs, certains d'entre eux, comme Maurer (1986), sont revenus sur leurs affirmations initiales quand ils purent revenir sur leurs terrains une décennie après leurs premières enquêtes. Depuis lors, de nombreux travaux approfondis et reposant sur de meilleures données empiriques de terrain que celles disponibles au début des années soixante dix, furent conduits durant les années quatre vingt et ont pu démontrer, qu'en situations réelles, les arguments théoriques incitant au pessimisme et à la polarisation accrue des sociétés rurales au cours du mouvement de révolution verte rizicole n'étaient généralement pas vérifiés (Pinstrup-Andersen et Hazell, 1987 ; Hossain, 1988 ; Gahukar, 1992 ; Etienne *et al.*, 1993 ; David et Otsuka, 1994 ; Ramasamy, 1997 ; Griffon, 1997 ; Osmani, 1998). J'explique ci-dessous mon opinion dans ce débat.

### *Une intensification rizicole mécanisant certaines opérations culturales*

La mécanisation des opérations à forte demande en énergie comme la préparation du sol, le pompage de l'eau, le battage et le décorticage du grain fut nécessaire afin d'en réduire leur durée entre deux cycles culturaux sur la même parcelle. La mécanisation de ces opérations avait déjà débuté par endroits après la seconde guerre mondiale avec le développement de l'industrialisation des pays d'Extrême-Orient. Ainsi, au Japon, les premières batteuses motorisées et les premiers motoculteurs sont utilisés en rizière respectivement dès 1948 et 1950. Mais le processus se trouva fortement accéléré durant les deux premières décennies de la révolution verte. Dès le début des années soixante dix, une mécanisation intermédiaire, reposant le plus souvent sur de petits motoculteurs à usages multiples (labour, hersage, pompage, transport, battage, production électrique, etc.) et d'une puissance inférieure à 10 cv, mis au point au Japon, en Corée du Sud ou à Taiwan durant la décennie précédente, apparut et se répandit rapidement durant les années quatre vingt, même dans les pays à forte densité de population comme l'Inde, le Bangladesh ou les Philippines. Ainsi, en Thaïlande entre 1980 et 1990, le nombre de motoculteurs par millier d'hectares de rizières passa de 26 à 56 unités, dépassant les 100 machines dans les périmètres irrigués tandis que les zones à riziculture inondée continuaient à dépendre largement de la traction animale, généralement à l'aide du buffle d'eau, ou de petits zébus au Sud du pays. En Chine, suite à la décollectivisation de l'exploitation des terres durant la décennie précédente, le pays disposait en moyenne en 1992 sur ses micro-exploitations agricoles d'un motoculteur pour moins de cinq hectares de rizières. La durée des opérations de préparation du sol sur un hectare de rizière irriguée passa ainsi de 20 jours avec la culture attelée traditionnelle et le buffle d'eau, à seulement 9 jours avec le motoculteur à roues cagées.

Une tendance similaire fut observée en Asie du Sud, avec cependant ici une prédominance des tracteurs, mieux adaptés aux rotations riz - cultures pluviales communes dans le sous-continent, ainsi qu'au travail à l'entreprise sur de larges étendues, tout comme pour les transports. Très fréquemment, la mécanisation de ces opérations agricoles, auparavant gourmandes en main d'œuvre, ne signifie pas l'acquisition de la machine par tous ses bénéficiaires car le développement des services contractuels au sein des villages permit à la vaste majorité des producteurs de riz d'accéder à cette moto-mécanisation sans devoir détenir les engins en propriété. J'ai pu analyser ce phénomène sur tous les terrains rizicoles thaïlandais, lao et vietnamiens où j'ai travaillé (Trébuil, 1987, 1993/A8, 1996/O20 et 1997/O23). Sans prétendre vouloir en faire une règle générale, je pense que dans de nombreuses situations, ce processus a joué un rôle important en faveur de la limitation des inégalités économiques entre exploitations agricoles en permettant aux maisonnées modestes d'accéder aux mêmes niveaux de progrès de la productivité du travail en rizière que chez leurs voisins mieux lotis en équipements agricoles.

Ainsi les temps de travaux à la récolte furent ramenés de 30 jours avec fauchage à la faucille et battage manuel à seulement 4 jours grâce à l'utilisation de l'ubiquiste batteuse mobile à tambour et flow axial d'environ 10 cv (des versions à pédales sont encore utilisées par endroits). Mise au point à l'IRRI en 1973, elle réalise aussi le vannage du paddy et se répandit très rapidement dans les zones irriguées après 1975 (Fischer *et al.*, 1998) afin principalement de diminuer la charge en travail des opérations culturales de fin de cycle pour pouvoir planter la culture suivante à temps et dans les meilleures conditions. Facile à transporter, cette batteuse a été modifiée en fonction des conditions des différents pays, donnant ainsi naissance à des engins plus ou moins sophistiqués et de capacité variable adaptés au travail contractuel à l'entreprise. Au Centre de Luzon aux Philippines, 73% des riziculteurs employaient ce type de batteuse dès 1982 et à la fin de cette décennie, cette machine ayant fait disparaître toutes les autres techniques de battage préexistantes, elle avait conduit à une diminution sensible de l'emploi de salariés à la récolte du paddy. Une situation similaire était observable là où le changement variétal impliquait l'abandon des pratiques de récolte panicule par panicule au moyen d'un petit couteau (*ani ani* indonésien et *kae* au sud de la Thaïlande) et le battage différé, comme par exemple à l'est de Java où certaines traditions de solidarité villageoise liées à ce moyen traditionnel de récolte tombèrent en désuétude. Dans le cas du delta du centre de la Thaïlande, seule la charge en travail de la famille est affectée par la location du service de la batteuse, car le recours au travail salarié de paysans sans terres (ici proportionnellement moins nombreux) pour cette opération y est plus rare. Des scénarios identiques furent observés dans les autres grands bols de riz irrigué d'Asie du Sud-Est, comme à l'ouest de l'île de Java ou dans le delta du Mékong au Viêt-Nam. Depuis la fin des années quatre vingt, la mécanisation du battage y est aussi répandue dans les zones à riziculture inondée. En revanche, l'Asie du Sud enregistre un retard d'adoption dans ce domaine et le battage par les animaux ou les tracteurs y est encore courant en dehors des zones rizicoles à fort potentiel.

La pompe à flow axial entraînée par le motoculteur, popularisée durant les années quatre vingt, fut le troisième élément important de cette chaîne de mécanisation rizicole

intermédiaire alliée à la diffusion rapide des cultivars semi-nains (Trébuil, 1997/O23). Quant à la motorisation du décortiquage du paddy, elle avait largement précédé le mouvement de révolution verte et son amélioration récente s'est surtout effectuée sous la forme d'une miniaturisation des moulins permettant leur pénétration rapide dans les villages, même les plus reculés. Le « micromill » aujourd'hui proposé par l'IRRI a ainsi une capacité de 50 kg de riz par heure. Le fait que la fastidieuse opération de décortiquage manuel du paddy se trouve ainsi considérablement allégée rend ces petits moulins très attractifs. C'est seulement dans le cas du Bangladesh que leur diffusion a pu avoir un effet négatif du fait de l'emploi dans ce pays d'une multitude d'opératrices de *dhekis*, décortiqueurs actionnés au pied appartenant à de grands propriétaires. Entre 1,4 et 2 millions des femmes employées à les actionner, généralement des paysannes sans terres et pauvres, auraient déjà ainsi perdu cet emploi à temps partiel du fait de la diffusion d'environ 10.000 petits moulins motorisés. Leur nombre augmenterait chaque année de 100.000 à 140.000 personnes alors que 700 nouvelles machines entrent annuellement en opération.

Dans les pays d'Extrême-Orient à niveaux de salaires bien plus élevés (en 1991, les coûts des salaires agricoles en Corée du Sud et au Japon étaient respectivement 20 et 50 fois plus élevés qu'au Bangladesh), les autres opérations de repiquage (le passage au semis direct y étant malaisé à cause des conditions climatiques) et de récolte furent aussi rapidement moto-mécanisées (dès 1965-1975 au Japon, tandis que les tracteurs y ont peu à peu remplacés les motoculteurs après cette décennie). Dans ces pays, la mise en place d'une chaîne de mécanisation complète conduisit entre 1960 et 1990 à une division par quatre des temps de travaux par hectare de rizière cultivé (tableau 2). Ce ne fut pas le cas ailleurs où leur usage est demeuré, jusqu'à ce jour, plus coûteux que les techniques alternatives, à commencer par l'adoption élargie du semis direct de semences pré-germées après mise en boue, technique beaucoup moins intensive en travail que le repiquage.

Tableau 2. Diminution du temps de travail en rizière à Taiwan et au Japon entre 1960 et 1990. (En heures de travail par hectare).

Année	1960	1970	1980	1990
Japon	1729	1178	644	438
Taiwan	864	844	394	238

Source : Fujiki, 1999.

En Asie du Sud-Est, la moissonneuse-batteuse est utilisée depuis des décennies sur les quelques grands périmètres très encadrés, dont le fameux «MUDA scheme» étudié par R. de Koninck en Malaisie péninsulaire, pays où la rareté de la force de travail agricole salariée est la plus marquée. L'extension de son usage dans les pays voisins a été, jusqu'à récemment, très limitée par l'exiguïté des parcelles et les niveaux de salaires pratiqués à la récolte. Représentant une phase intermédiaire de cette nouvelle étape de la moto-mécanisation rizicole, de petites moissonneuses-batteuses de fabrication locale (équipées notamment de moteurs de camionnettes japonaises et de chenilles faites d'un bois spécial importé de

Birmanie), capables de récolter environ 5 hectares de riz irrigué par jour avec trois opérateurs (même quand la parcelle est encore submergée), commencèrent à être utilisées au centre de la Thaïlande à la fin des années quatre vingt (Trébuil, 1997/O23). Leur conception et leur dissémination par des petits entrepreneurs sino-thais dans le delta du Chao Phraya coïncidait avec une phase de croissance économique nationale à deux chiffres qui drainait rapidement la main d'œuvre, à commencer par les jeunes femmes traditionnellement très actives lors des opérations de dépiquage-repiquage et de récolte, vers les usines s'implantant par dizaines chaque année à la périphérie de la capitale (Trébuil, 1991/A4). Tandis que ces machines travaillent maintenant, à nouveau le plus souvent à l'entreprise, dans toutes les régions du royaume, elles pourraient bien apparaître très prochainement dans les rizières des pays voisins. Encore plus adaptée aux petits casiers est l'égreneuse conçue à l'IRRI qui laisse l'ensemble de l'appareil végétatif de la plante sur le champ. Elle est capable de récolter 0,8 ha par jour avec un seul opérateur et de franchir aisément les diguettes. A nouveau, sa petite taille et son faible coût en font une machine bien adaptée pour le travail contractuel à l'entreprise dans les villages. Potentiellement, son utilisation peut abaisser de 50% les coûts de la récolte et du battage. Mais son adoption étendue devra me semble-t-il attendre une élévation sensible des coûts salariaux à la récolte dans les pays cibles pour sa diffusion que sont l'Indonésie, le Viêt-Nam et les Philippines.

#### *Un bond impressionnant de la consommation d'intrants chimiques en rizière*

Les nouvelles variétés semi-naines répondant fortement aux engrais minéraux et, surtout chez les premières d'entre elles, étant plus sensibles aux attaques de certains ravageurs et maladies, cet impressionnant mouvement d'intensification de la production rizicole a aussi été marqué par une rapide augmentation de la consommation par les riziculteurs d'intrants d'origine industrielle. Entre 1964 et 1988, aidée par de coûteux programmes gouvernementaux de subvention aux intrants agricoles permettant leur usage par une vaste majorité des riziculteurs, la consommation d'engrais minéraux, surtout azotés, a ainsi bondi dans toute les grandes régions d'Asie à un rythme annuel moyen de plus de 10%. Elle ne s'est ralentie que durant les dernières années de cette période sous les effets combinés de la baisse du prix du riz, de la diminution des subventions publiques pour les intrants importés qui provoquèrent un ralentissement du rythme d'accroissement de la productivité physique marquant un certain essoufflement de la révolution verte après 1985. L'augmentation du coût d'opportunité de la main d'œuvre lors de l'intégration au marché des petites exploitations rizicoles à la suite des réformes économiques libéralisant le commerce, notamment celui de l'urée, a entraîné le quasi abandon des pratiques séculaires et très sophistiquées de fertilisation organique des rizières irriguées au moyen de cultures d'azolles ou d'engrais verts comme les *Sesbania sp*, notamment en Chine et au Viêt-Nam. Le temps autrefois consacré à la mise en œuvre de ces pratiques exigeantes en main d'œuvre est dorénavant investi dans une culture de plus dont les revenus supplémentaires aident à acheter l'engrais minéral azoté largement épandu en rizière.

Alors qu'avant la révolution verte, l'usage de la fertilisation minérale en Asie était limité au Japon, à la Corée du Sud et à Taiwan, selon le rapport sur le développement mondial de 1992, la consommation d'engrais minéraux aurait plus que quintuplé entre 1970-71 et 1989-

90 dans des pays comme la Chine (où elle atteignait 250 kg/ha cultivé en 1989-90), l'Indonésie (130 kg/ha), le Bangladesh (100 kg/ha) ou l'Inde (76 kg/ha). Dans ce dernier pays, la quantité d'engrais azoté épandu a bondi de 0,2 à 9,5 millions de tonnes entre 1960-61 et 1994-95. Avec en moyenne 125 kg de fertilisants appliqués par hectare cultivé, l'Asie consomme aujourd'hui la moitié des engrais minéraux épandus sur la planète, dont plus des deux-tiers sont appliqués sur les céréales. Dès la fin de la décennie quatre vingt, dans certaines régions hautement productives, des quantités croissantes d'engrais semblent devoir être utilisées pour maintenir les niveaux de rendements élevés, proches des potentiels permis par le climat. Dans des foyers de la révolution verte comme le Punjab, Java, le centre de l'île de Luzon aux Philippines et une grande partie de la Chine rizicole, les doses d'engrais appliquées atteignent en moyenne les 200 kg/ha et surpassent les optima économiques. Au Punjab, des cas de retour à la culture de variétés traditionnelles au grain aromatique sont mentionnés. Durant la dernière décennie, des travaux de recherche s'attachèrent à trouver les moyens d'accroître localement l'efficacité de l'utilisation des importantes doses d'engrais épandues en rizière irriguée (voir ci-dessous). La réduction, voire la suppression des subventions publiques constitue une des mesures accompagnatrices explorées dans plusieurs pays afin de favoriser les pratiques de fractionnement et de limitation des apports d'engrais azoté sur le riz irrigué. Ceci afin de mieux ajuster ces apports par rapport aux besoins de la culture à ses différents stades critiques du cycle, ainsi que pour répandre la mise en pratique du slogan «la bonne dose, au bon moment et au bon endroit» et limiter ainsi la pollution des nappes et des cours d'eau par les nitrates. Une évolution similaire est en cours dans le domaine de l'usage, souvent peu raisonné, des insecticides en rizière. Ainsi, la consommation indienne de pesticides a bondi de 8.620 à 63.270 tonnes de matières actives entre 1960-61 et 1994-95.

### *Des politiques incitatrices au rôle déterminant*

L'importance de l'interaction entre le changement technique en riziculture décrit ci-dessus et l'environnement (« l'encadrement » aurait dit P. Gourou) politique et institutionnel des exploitations agricoles est aujourd'hui bien reconnu, l'impact respectif de ces deux composantes inséparables étant d'ailleurs malaisé à distinguer. Là où les politiques agricoles et les institutions mises en place par les gouvernements étaient suffisamment incitatrices, la distribution des bénéfices du mouvement de la révolution verte a été très large et son impact put être démultiplié.

Ainsi, dès la fin des années soixante, de nombreux gouvernements, le plus souvent aidés par les prêts des banques multilatérales (Lele et Bumb, 1995), investirent considérablement dans de nouvelles infrastructures d'irrigation, de contrôle des crues et (plus rarement hélas) de drainage des excès d'eau, afin d'accroître les superficies rizicoles pouvant être cultivées avec les cultivars semi-nains à haut potentiel de rendement. En Inde, les superficies irrigables sont ainsi passées de 38 à 78 millions d'hectares entre 1970-71 et 1994-95, mais malgré cela seulement 45% des rizières indiennes ont aujourd'hui accès à l'eau d'irrigation.

Pour faciliter l'adoption des nouvelles variétés par les petits riziculteurs, des systèmes de crédit rural décentralisé, ainsi que de vulgarisation agricole rapprochée et normative furent mis en place. Ce fut le cas, par exemple, du «All-India Co-ordinated Rice Improvement Project» (AICRIP), des «Programmes de vulgarisation coopérative INMAS» et «nouveau BIMAS», moins coercitif après 1970 en Indonésie, ainsi que du «Programme rizicole Masagana 99» philippin, ou encore de la mise en œuvre en Thaïlande, après 1978 et à l'échelle nationale sur prêt de la Banque Mondiale, de la vulgarisation reposant sur le «système de formation et de visites». Dans le cas de Java, J.L. Maurer (1986) souligne à juste titre le «rôle clef» joué par l'encadrement à l'échelle villageoise dans la mise en œuvre des programmes d'intensification agricole. Des programmes de construction d'infrastructures routières facilitèrent également la mise sur le marché des surplus de paddy ainsi que l'acheminement sur les exploitations rizicoles des intrants bénéficiant d'importantes politiques de prix subventionnés. Tandis que le développement des capacités de stockage des grains contribua à amortir les problèmes liés à l'accroissement de l'instabilité interannuelle des performances de production, surtout durant la première décade du mouvement. La création de l'agence centrale indonésienne du BULOG en charge de la collecte du paddy, de la fixation de son prix intérieur et de son stockage est un des cas les plus connus.

### *Impact de la révolution verte rizicole sur les petites exploitations*

Ces investissements et politiques agricoles eurent notamment pour effet d'atténuer les risques économiques liés à l'adoption des nouvelles techniques rizicoles en sus de la meilleure stabilisation des performances de production obtenue par les cultivars semi-nains de seconde génération plus tolérants vis-à-vis des ravageurs et maladies de la culture. Alors que les obstacles à l'adoption des variétés semi-naines et des techniques culturales qui les accompagnent étaient peu à peu abaissés, plusieurs enquêtes conduites durant les années quatre vingt montrèrent que leur présence étaient même parfois plus élevée sur les petites exploitations que sur les grandes (Pinstrup-Andersen et Hazell, 1987 ; Osmani, 1998). Mes observations en riziculture inondée sur casiers présentant une assez bonne maîtrise de l'épaisseur de la lame d'eau dans le sud de la Thaïlande au début des années quatre vingt confirment cet état de fait (Trébuil, 1987). Parmi les exploitations de référence que nous suivions, le taux d'adoption de la variété précoce semi-naine RD7 était le plus élevé sur l'exploitation la plus petite et financièrement la plus fragile de notre échantillon. L'expérience récente de la riziculture vietnamienne montre aussi que, suite aux réformes économiques de la fin des années quatre vingt, les variétés à hauts potentiels de rendements sont maintenant présentes dans la quasi totalité des minuscules exploitations rizicoles du pays. J'ai pu souvent constater que les petites exploitations non auto-suffisantes en riz étaient promptes à adopter les cultivars semis-nains pourvu que les niveaux de risques climatiques et économiques soient réduits. Dans le district indien de Arcot nord, Hazell et Ramasamy (1991) ont mesuré une amélioration importante du niveau de satisfaction des besoins en énergie et en protéines, aussi bien chez les ouvriers agricoles, les petits riziculteurs que pour les exploitations de plus grande taille, durant la décennie de rapide adoption des nouvelles technologies rizicoles (tableau 3). Pour chacune des trois catégories de maisonnées, la part des apports caloriques dans la ration alimentaire en provenance du riz est aussi passée sous la barre des 50% durant cette période, favorisant ainsi sa diversification.



Tableau 3. Evolution de la ration alimentaire quotidienne moyenne par type d'agriculteur dans le district indien de Arcot nord entre 1973-74 et 1983-84.

Années	1973-74	1983-84
<i>Calories/personne/jour</i>		
Grandes exploitations rizicoles	1.724	2.884
Petites exploitations rizicoles	1.836	2.606
Paysans sans terres	1.426	2.154
<i>Grammes de protéines/personne/jour</i>		
Grandes exploitations rizicoles	37	69
Petites exploitations rizicoles	29	64
Paysans sans terres	28	57

Source : adapté de Hazell et Ramasamy, 1991.

En conséquence, je ne crois pas que le « paquet technologique » de la révolution verte rizicole seul peut être rendu responsable des phénomènes de différenciation paysanne par appauvrissement et marginalisation des uns favorisant la concentration des moyens de production (notamment de la terre) au bénéfice d'une minorité de plus grands producteurs bien équipés. Ceci étant notamment dû au fait que son contenu technique est relativement neutre par rapport à l'échelle à laquelle il était appliqué. Au contraire, pourvu que les politiques agricoles locales ne leur aient pas été trop défavorables, il semble bien que les meilleures performances économiques permises par l'adoption des variétés semi-naines aient autorisés de nombreux petits producteurs à rester sur leurs terres et aient ainsi évité bon nombre de ventes foncières par détresse financière suivi d'un exode rural massif. Si ce phénomène est très net dans le delta du Mékong, dans le cas du Bangladesh durant la décennie quatre vingt, Hossain (1988) observait que le volume des ventes de terres dans les villages pratiquant la riziculture basée sur les techniques de la révolution verte étaient de 2% par rapport à 5% dans les autres hameaux où dominaient encore la riziculture traditionnelle. De même, les données disponibles tendent à montrer que le faire valoir direct n'a pas systématiquement augmenté avec l'adoption des variétés semi-naines et les pratiques très intensives en travail qui les accompagnent. Au contraire, en l'absence de mécanisation lourde, les situations de fermage sont restées fréquentes là où la révolution verte avait un impact important (Osmani, 1998).

En fait, durant les premières années de la révolution verte, je pense que les principales contraintes à l'adoption des techniques de la riziculture intensive étaient le plus souvent constituées par le manque ou la faible fiabilité des infrastructures d'irrigation, le mauvais drainage des parcelles, ainsi que par le sous-développement des infrastructures de mise sur marché des intrants et des produits. Ainsi les critères socio-économiques au niveau de la petite exploitation rizicole familiale (sa taille, le mode de tenure du sol ou l'accès au crédit) limitèrent généralement moins l'adoption des technologies de la révolution verte que les contraintes environnementales de nature biophysique, telles que les risques de submersion et de sécheresse, ou techniques comme une mauvaise conduite de l'irrigation, ou encore biologiques tels que les dégâts des ravageurs et maladies déjà mentionnés. Les contraintes

monétaires et de trésorerie furent généralement amoindries par les politiques publiques mises en place pour faciliter l'accès au crédit et subventionner la distribution des intrants et de l'eau d'irrigation.

*Des bénéfices aussi pour les salariés agricoles*

Quant aux paysans sans terres et aux salariés agricoles, ils purent souvent bénéficier indirectement du mouvement de la révolution verte de plusieurs manières, à commencer par l'accroissement du recours au travail salarié en rizières situées dans les agroécosystèmes à bonne maîtrise de l'eau, notamment dans les contrées à fort sous-emploi en milieu rural comme l'Inde, le Bangladesh, les Philippines, etc. (tableau 4).

Tableau 4. Utilisation de la main d'œuvre en riziculture et importance relative du travail salarié selon le type d'agroécosystème chez les principaux pays producteurs d'Asie à la fin des années quatre vingt. (Moyennes nationales obtenues pour 40 à 60 villages par pays).

Pays	Chine	Inde	Bangladesh	Népal	Indonésie	Philippines	Thaïlande
<b>Quantité de travail (jours par hectare et par cycle cultural)</b>							
Ecosystème Irrigué	209	195	243	144	156	82	64
Inondé favorable	245	229	209	-	174	71	-
Inondé défavorable	375	176	239	132	-	91	62
A submersion profonde	-	-	226	-	-	-	37
Autres écosystèmes	-	-	209	-	70	-	-
<b>Travail salarié (% du temps de travail total)</b>							
Irrigué	-	92	35	69	60	73	41
Inondé favorable	-	60	35	-	52	59	-
Inondé défavorable	-	60	32	57		37	15
A submersion profonde	-	-	37	-		-	50
Autres écosystèmes	-	-	36	-	49	-	-

Source : adapté de David et Otsuka, 1994.

La dissémination des variétés semi-naines, très précoces et cultivées de façon intensive en travail (dépiquages et repiquages, applications répétées d'engrais et de pesticides, nombreuses irrigations et drainages, récolte, battage et vannage manuels, etc.) en double ou triple culture annuelle irriguée, augmenta la demande en main d'œuvre familiale et salariée sur les exploitations rizicoles pour effectuer à temps de nombreuses opérations culturales non encore mécanisées. Cette évolution de la demande en travail fit grimper les salaires agricoles. Au Bangladesh, Hossain (1988) estime que suite à l'adoption des variétés semi-naines, les besoins en travail augmentèrent de 40 à 50% par hectare de rizière et favorisèrent le développement du salariat agricole. Avec la forte augmentation des rendements permise par ces variétés, la quantité de travail par tonne de paddy produite était elle en nette diminution, ce qui rentabilisait le recours au salariat.

Cet accroissement de la demande en travail en rizière eut lieu malgré la moto-mécanisation assez précoce, mais incomplète, le plus souvent limitée aux quelques opérations à forte demande en énergie, telles que la préparation du sol et le battage (Trébuil, 1997/O23). Ce changement technique fut rendu nécessaire par l'insuffisance de la quantité de travail disponible et l'augmentation de son coût, lors des périodes critiques de quelques jours seulement pour effectuer ces interventions entre deux cycles culturaux<sup>7</sup>. Leur pénibilité s'en trouva aussi diminuée. Ainsi, entre 1970 et 1990, période durant laquelle les PNB d'Extrême-Orient et d'Asie du Sud-Est crurent de plus de 5% par an, les salaires réels y augmentèrent de 170% sur les deux décennies et bien plus dans les pays à force de travail limitée en milieu rural comme la Malaisie. En Asie du Sud, où la croissance économique fut bien plus lente durant cette période, une augmentation des salaires de 50% sur la même période est toutefois observée. Au total, dans les trois Etats de l'Union indienne pionniers de la révolution verte et aussi les plus mécanisés que sont le Punjab, l'Haryana et l'ouest de l'Uttar Pradesh, si les besoins totaux en travail par hectare de rizière ont diminué, l'absorption de main d'œuvre en agriculture s'est tout de même accrue, notamment grâce à l'accroissement du recours au travail agricole salarié lors des pointes de travail à la récolte d'un cycle et au dépiquage-repiquage du suivant, ainsi qu'au moment des sarclages. Dans leur étude des villages du Tamil Nadu, Hazell et Ramasamy (1991) ont montré, qu'au maximum de l'intensification rizicole, l'éventail de la distribution des revenus et des dépenses au sein des villages enquêtés se repliait (tableau 5).

Tableau 5. Evolution de la distribution des revenus des ménages par type de riziculteur dans les villages du Tamil Nadu en Inde entre 1973-74 et 1983-84. (Indice= 100 pour les maisonnières de paysans sans terres).

Années	1973-74	1983-84
Grandes exploitations rizicoles	296	155
Petites exploitations rizicoles	128	109
Paysans sans terres	100	100
Exploitations non rizicoles	185	97
Ménages non agricoles	127	87

Source : adapté de Hazell et Ramasamy, 1991.

Dans ce cas précis, nous remarquons que l'évolution des revenus fut même plus favorable aux salariés agricoles qui rattrapèrent sur cette période les niveaux de revenus enregistrés pour les petites exploitations rizicoles. De même, au Bangladesh, Hossain et Quasem (1990) observèrent une distribution des revenus globaux des ménages (incluant les salaires perçus) plus équitable (variation de 1 à 3 des revenus) dans les villages ayant fortement adopté les riz semi-nains (sur plus de 50% de leurs rizières) par rapport à ceux n'ayant que moins de 10% de leurs superficies rizicoles cultivées avec ces nouvelles variétés (variation de 1 à 5 des revenus).

<sup>7</sup> Le cas extrême étant celui des communes chinoises modèles aux rizières tricolores: jaunes le matin (prêtes pour la récolte), marron à midi (déjà remises en boue) et vertes au coucher du soleil (déjà repiquées)!

Dès la première décennie de l'intensification rizicole indienne un changement important dans la répartition sexuelle du travail agricole s'est aussi produit par lequel le fardeau des femmes, qui constituent aussi la majorité des journaliers, s'est encore alourdi ainsi que le montre le tableau 6. Depuis une dizaine d'années des efforts importants en recherche et vulgarisation agricole sont réalisés en Asie afin de tenir compte de ce phénomène dans la conception et la dissémination des innovations en riziculture.

Tableau 6. Contributions moyennes des travailleurs hommes et femmes sur les exploitations agricoles d'Uttar Pradesh, Inde entre 1972-73 et 1979-80. (En journées de travail par an).

Activité agricole	1972-73		1979-80		Changement entre 79-80 et 72-73 (%)	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
Préparation du champ	15	8	9	16	-40	100
Préparation du sol	54	14	68	9	26	-70
Fertilisation organique	15	27	10	36	-33	33
Fertilisation minérale	25	38	16	39	-36	3
Semis et repiquages	29	25	25	48	-14	92
Soins aux cultures	55	86	46	56	-16	-30
Récolte	79	112	73	161	-9	44
Battage et vannage	13	40	15	52	15	30
Sélection semences et stockage	5	11	2	12	-60	9
Soins aux animaux	8	26	3	35	-62	35

Source : Singh *et al.*, 1991.

Cette évolution des besoins globaux en travail a aussi été due à l'expansion des surfaces cultivées autorisée par la mise en eau de nouveaux périmètres irrigués. Bien souvent la moto-mécanisation d'une ou deux opérations culturales, réalisées afin de lever des goulots d'étranglement dans la gestion de la main d'œuvre sur les chantiers agricoles, en a créé de nouveaux et au total n'a pas fait diminuer les besoins en travail sur l'ensemble du cycle cultural.

Mais je pense que le développement économique à venir va conduire au passage quasi généralisé en riziculture irriguée à l'implantation du riz par semis direct sur boue et à la diminution des sarclages manuels<sup>8</sup>, de plus en plus fréquemment remplacés par la pulvérisation d'herbicides. Ces changements techniques pourraient avoir d'importants effets négatifs sur l'emploi saisonnier agricole dans les pays à bas niveaux de salaires. A travers l'Asie, le rapport de prix entre l'herbicide et le salaire agricole a ces dernières années évolué très nettement en faveur du contrôle chimique des adventices en rizière. Aux Philippines, au sud du Viêt-Nam ou à Java, le contrôle des mauvaises herbes en rizière par voie chimique est 3 à 5 fois moins cher que le sarclage manuel, tandis que le bénéfice marginal découlant de l'usage d'herbicides est très élevé. Le tableau 7 montre que les coûts par hectare des herbicides utilisés sont

<sup>8</sup> Les petites sarcleuses manuelles mises au point durant les années soixante-dix ont été généralement peu adoptées, notamment car elles sont peu commodes à manier là où la maîtrise de l'eau n'est pas excellente.

très largement couverts par les économies en travail réalisées avant la période de récolte, quel que soit d'ailleurs le mode d'implantation de la culture de riz choisi.

Tableau 7. Coûts des herbicides et du travail associés aux méthodes d'implantation du riz par semis sur boue ou par repiquage. (En dollars US/hectare).

Pays	Coût des herbicides			Coût total du travail avant récolte		
	Avec repiquage	Avec semis sur boue	Différence semis - repiquage	Avec Repiquage	Avec semis sur boue	Différence Semis - repiquage
Philippines	7	9	+2	36	8	-28
Malaisie	6	20	+14	205	114	-91

Source : Pingali, 1998.

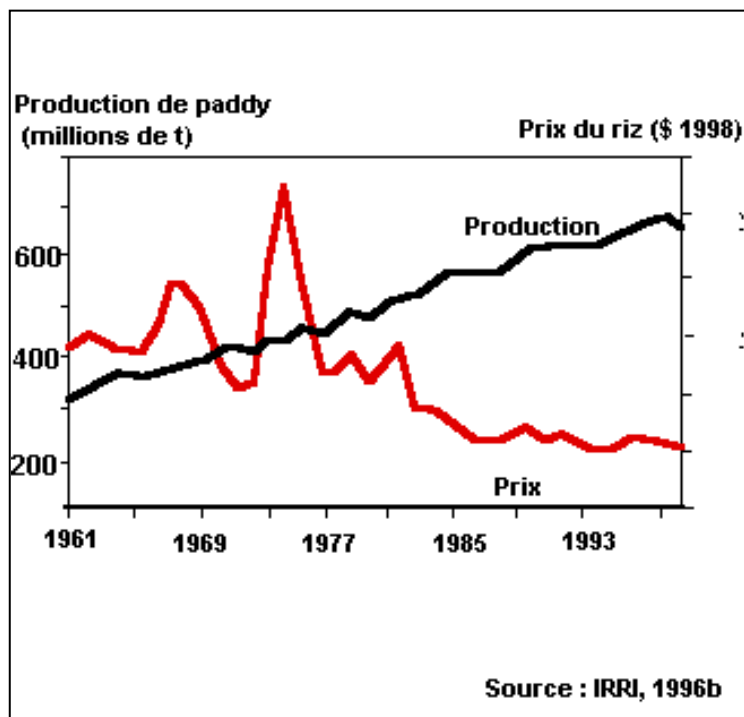
Cette nouvelle transformation, associée à l'augmentation des surfaces rizicoles établies en semis direct sur boue de semences de paddy pré-germées, devrait se produire plus rapidement en Asie du Sud-Est, où ses prémices sont déjà observables (en Malaisie, en Thaïlande ou dans le delta du Mékong par exemple) qu'en Asie du Sud. A l'avenir, je ne crois pas qu'une nouvelle augmentation significative de l'index d'intensité culturale pourrait voir le jour et fournir aux salariés agricoles et aux paysans sans terres des emplois agricoles alternatifs à la pratique du sarclage manuel en rizière. Le plus souvent, cette force de travail devra donc trouver à s'employer hors de la production rizicole. Or la crise économique débutée en 1997 a souvent fait bondir les taux de chômage de grands pays rizicoles : de 5 à 16 % en Indonésie et de 2 à 6% en Thaïlande entre le premier semestre 1997 et l'année 1998 (FEER, 1999).

Généralement, l'augmentation de la productivité rizicole a cependant aussi permis de créer de nouveaux emplois salariés dans le travail agricole à l'entreprise, le transport des surplus de paddy et leur transformation, ainsi que dans le commerce des intrants, l'entretien et la réparation des machines agricoles, etc. Ces nouveaux emplois eurent aussi un effet positif substantiel sur les revenus des salariés ruraux, du secteur agricole ou non. Aux Philippines, au niveau régional, chaque pour cent supplémentaire de revenu agricole engrangé se serait traduit par un à deux points d'augmentation de l'emploi dans la plupart des secteurs non agricoles de l'économie rurale. De même, en Inde du Sud, Hazell et Ramasamy (1991) estiment que chaque roupie supplémentaire de valeur ajoutée agricole stimula la création de 0,87 roupie de valeur ajoutée additionnelle par effets indirects sur le secteur non agricole (demande en intrants, commerce, transports, transformation des produits, augmentation de la consommation des ménages à revenus plus élevés, etc.). Hossain (1988) décrit un impact similaire dans le cas du Bangladesh. Mes observations et résultats d'enquêtes en Thaïlande centrale durant la période 1989-1993 vont dans le même sens. L'absence fréquente de prise en compte de tels effets indirects conduit très souvent à sous-estimer le rôle essentiel du secteur agricole dans le développement économique régional et national.

*Un prix du riz réconciliant consommateur et producteur*

J'estime que la voie la plus importante par laquelle le mouvement de révolution verte rizicole a aidé les pauvres en Asie, en milieu rural comme en milieu urbain, fut sans doute par son effet sur le déclin continu du prix réel du riz sur les marchés internationaux depuis 1966, année à partir de laquelle la production rizicole augmenta rapidement (figure 12).

Figure 12. Tendances de la production mondiale de paddy et du prix réel du riz blanc.



Source : IRRI 1999b.

La baisse du prix du riz a particulièrement été forte durant les années quatre vingt, dont les dernières années montrent un essoufflement de la révolution verte rizicole en Asie. La moindre rentabilité de la production rizicole par rapport à d'autres spéculations végétales qui en résulta explique en partie cet essoufflement dans les régions n'ayant pas encore approché les potentiels climatiques des rendements de paddy en rizière irriguée. C'est le cas de la riziculture des zones les plus favorables du delta du Maenam Chao Phraya au centre de la Thaïlande. Entre 1986 et 1997, la croissance économique accélérée tournée vers l'exportation y était tirée par une industrialisation reposant largement sur l'investissement étranger direct (notamment japonais et se chiffrant annuellement, tous pays confondus, entre 20 et 50 milliards de \$US entre 1988 et 1993) ainsi que sur un coût peu élevé du travail. Dans cet environnement économique, la riziculture irriguée laissa place en de nombreux endroits à une production maraîchère et fruitière par hortillonnage (larges planches bombées endiguées entre lesquelles l'eau demeure en permanence). Cette diversification horticole était destinée à satisfaire la demande de la classe moyenne urbaine en forte augmentation et au régime alimentaire plus varié, ainsi que les exportations de fruits et légumes frais ou transformés (Trébuil *et al.*, 1994/C16).

Si il est exact que durant cette période, la plus grande dépendance des riziculteurs vis-à-vis des intrants d'origine industrielle (engrais, pesticides, carburant fossile, etc.) et de l'irrigation<sup>9</sup> augmenta les coûts de production du paddy par unité de surface, en contrepartie le bond de la productivité du sol a permis une diminution substantielle du coût de production par tonne de riz récoltée. La plupart des études approfondies ont montré que ces coûts étaient inférieurs d'environ 20 à 30% dans le cas de l'utilisation des variétés semi-naines par rapport à ceux obtenus en cultivant des cultivars traditionnels. Au total, le monde de la production rizicole n'a pas été le seul bénéficiaire des effets du mouvement de révolution verte rizicole. Les consommateurs aussi y ont largement gagné, surtout les franges de la société les plus défavorisées, à la campagne comme à la ville, pour qui l'achat du riz constitue chaque mois une large part du budget familial. Dans leur étude sur le Tamil Nadu, Hazell et Ramasamy (1991) mirent à jour des résultats encourageants quant aux effets de l'intensification rizicole sur les budgets des maisonnées de paysans sans terres (tableau 8).

Tableau 8. Evolution des dépenses alimentaires dans le budget moyen des ménages de quelques villages du Tamil Nadu durant la révolution verte rizicole. (%).

Années	1973-74	1983-84
Budget alimentaire total	84	76
<b>Dont :</b>		
Céréales	66	38
Viande et poisson	2	7
Produits laitiers et œufs	0.1	4
Fruits et légumes	3	12
Huiles et épices	12	15
Autres aliments	16	24

Source : adapté de Hazell et Ramasamy, 1991.

Alors que la part globalement affectée à l'alimentation diminuait entre 1973-74 et 1983-84, la proportion des denrées non rizicoles augmentait et conduisait à une diversification et un meilleur équilibre de la ration alimentaire.

Dans de nombreux pays asiatiques, le prix du riz chuta plus rapidement que le coût de production de la tonne de paddy, ce qui eut pour conséquence de diminuer la marge bénéficiaire du riziculteur par unité de produit mis sur le marché. Cependant, l'adoption des variétés et techniques de la riziculture basée sur les cultivars semi-nains leur a permis de voir leurs rendements par cycle cultural bondir en moyenne de 1,5-2,5 t/ha de paddy à 4-6 t/ha. Et ce tandis que le développement de l'irrigation facilitait la pratique de la double ou de la triple culture durant la saison sèche, période durant laquelle la rizière était auparavant laissée en jachère pâturée de façon très extensive par les animaux de trait. Sur une année et pour un hectare de rizière sur l'exploitation agricole, le producteur récolte dorénavant couramment 8 à 10 t de paddy, soit quatre à cinq fois plus qu'avant la révolution verte. Les producteurs visant des rendements très élevés à chaque cycle rizicole sur de très petites

<sup>9</sup> Dépendance évaluée par Hossain et Quasem (1990) à sept fois plus coûteuse en culture de riz semi-nains par rapport aux variétés traditionnelles dans le cas du Bangladesh.

exploitations, comme dans le cas du delta du Fleuve Rouge au Nord du Viêt-Nam ou en Chine méridionale, atteignent même des niveaux de productivité de l'ordre de 17 à 18 t/ha/an. Chroniquement déficitaire et habituée à recevoir quelques 500.000 tonnes de riz en provenance du delta du Mékong, le delta du Fleuve Rouge parvint ainsi, non seulement à l'autosuffisance, mais à exporter plus de 100.000 tonnes en 1997 pour la première fois de sa longue histoire. Cette forte augmentation de la quantité produite par unité de surface a permis la plupart du temps de voir les revenus de la vente du riz s'accroître même si la marge brute par tonne de paddy produite s'abaissait. Ce n'est pas non plus un des moindres effets de ce bond de la productivité rizicole que d'avoir ainsi permis de réconcilier les intérêts, d'habitude conflictuels, entre le consommateur urbain (à la recherche d'un bas prix du riz blanc) et le riziculteur soucieux d'élever son niveau de revenu par la vente de ses surplus de paddy.

### *Une rentabilité très élevée des investissements publics*

La création et la rapide diffusion des variétés semi-naines de riz de la révolution verte, là où l'environnement des exploitations agricoles permettait leur adoption, a permis d'afficher des taux marginaux de retour sur investissements dans la recherche rizicole les plus élevés comparés à d'autres cultures. Ils furent souvent bien supérieurs à 100% dans des pays comme le Bangladesh ou l'Indonésie. La valeur annuelle nette moyenne de chaque nouvelle variété de riz recommandée par le réseau international d'échanges de matériel végétal (réseau INGER) mis en place par l'IRRI a été récemment évaluée à environ 2,8 millions d'euros. Une autre estimation réalisée sur une sélection de 290 cultivars promus par ce réseau a établi que ce pool de variétés permet globalement de dégager chaque année un surplus de revenu dépassant 800 millions d'euros. Au Bangladesh, pays où les effets de la révolution verte ont permis d'éviter une insécurité alimentaire face à une population en croissance rapide sur des superficies cultivables limitées, les bénéfices tirés du progrès technique apporté par la révolution verte ont été estimés à 300 millions de dollars US par an, soit 17 fois l'investissement total annuel effectué par le pays en matière de recherche et de vulgarisation agricole (Hossain, 1998). Malgré une croissance démographique rapide, un léger déclin de la pauvreté rurale a pu y être enregistré, accompagné d'une diminution moyenne annuelle du prix du riz de 1,6%. En Inde, les efforts réalisés en recherche rizicole auraient eu un taux de retour sur investissement de 32 à 74% selon les Etats, le prix réel du riz affichant des baisses moyennes annuelles de plus de 2% dans les Etats « phares » de la révolution verte que furent le Punjab, l'Haryana, l'ouest de l'Uttar Pradesh, l'Andra Pradesh et le Tamil Nadu, ce qui leur permis de nourrir leurs populations rurale et urbaine pauvres à des prix socialement acceptables.

Si l'impact des effets bénéfiques de la révolution verte sur l'élimination de la pauvreté n'a pas été aussi spectaculaire qu'espéré, c'est sans doute que l'accroissement du volume de production n'a pas été assez rapide pour contrebalancer de façon plus nette les effets des forces exogènes majeures créatrices d'appauvrissement telles que la fin de l'expansion des superficies rizicoles cultivables, ne laissant d'autres choix que la production intensive en travail et en intrants, ainsi qu'une croissance démographique rapide.



En eux-mêmes, de tels retours sur investissements élevés mettent à mon avis le doigt sur un sérieux problème d'allocation des ressources budgétaires publiques, tant au niveau national qu'international. Comme je l'illustrerai plus en détail ci-dessous, le problème du sous-investissement dans la recherche agricole se serait même aggravé lors de la dernière décennie. Cette période a vu l'application de politiques à relativement courte vue, reposant sur une industrialisation tournée vers l'exportation très dépendante du coût peu élevé de la main d'œuvre locale et de l'investissement étranger et ayant tendance à négliger le secteur agricole. Ceci alors que des investissements massifs et très rentables, mais à long terme, dans la recherche agricole doivent à mon sens toujours être à l'ordre du jour. L'expérience de la révolution verte rizicole a en effet démontré l'efficacité d'une bonne gestion des interactions entre l'accroissement du volume de production (permis par le progrès technologique), le prix du riz et des institutions et politiques agricoles incitatrices, afin de limiter puis réduire le niveau de pauvreté dans la population. Là où ces trois forces n'interagissent plus positivement, le développement du secteur rizicole du pays est en difficulté.

Le cas philippin est à ce titre exemplaire : suite au bond de la production survenu avec l'adoption rapide de l'IR36 dès 1979, puis de l'IR64 (voir ci-dessus), entre 1986 et 1990, le « bol de riz » national du centre de l'île de Luzon semble avoir peu à peu perdu la totalité de son avantage comparatif pour la riziculture irriguée intensive à cause de la stagnation des rendements en paddy, de la baisse continue du prix du riz et de l'augmentation des prix des facteurs de production (carburant, augmentation de la fréquence des applications de pesticides et des doses d'engrais épandues, élévation des taux d'intérêts bancaires, etc.). Le pays est ainsi redevenu importateur de riz depuis le milieu de la décennie quatre vingt. En l'absence d'un nouveau saut qualitatif majeur de la productivité du sol à l'horizon et de nouveaux investissements publics dans le secteur rizicole (en irrigation et en recherche - développement notamment), la préservation de la rentabilité de cette activité économique clef repose dorénavant sur des mécanismes de protection accrue des riziculteurs philippins, comme les subventions à l'irrigation (alors que les infrastructures des grands périmètres se dégradent), le maintien d'un prix intérieur du riz relativement élevé (par restriction des importations), le contrôle du niveau des fermages, etc.

En l'absence de ces essentielles synergies entre progrès technologique et politiques incitatrices, il y a peu de chances qu'à travers les différents grands types d'agroécosystèmes rizicoles, tous les petits riziculteurs qui n'ont pu bénéficier de façon équitable des effets du mouvement accéléré d'intensification rizicole durant les trois dernières décennies, notamment en l'absence d'une bonne maîtrise de l'eau en rizière, puissent à leur tour espérer voir poindre une rapide amélioration de leur condition.

En conclusion, j'estime que l'intensification rizicole réalisée lors de la révolution verte a bénéficié à plusieurs centaines de millions de personnes, appartenant à toutes les couches sociales de la société. Elle a très largement contribué à l'amélioration de la sécurité alimentaire sur le continent, face à la pression croissante d'une population en augmentation rapide ces trois dernières décennies, en exploitant des ressources naturelles en quantités relativement limitées par rapport à d'autres parties du globe. Entre 1968 et 1988, la

croissance annuelle du PNB indien, surtout permise par le secteur agricole, a été de 2,3%. C'est cependant là une performance modeste par rapport aux taux dépassant les 4% réalisés par la Chine, la Malaise et la Thaïlande. Dans le cas de ce dernier pays j'ai montré dans ma thèse de doctorat comment la riziculture a joué un rôle moteur majeur dans la croissance économique nationale. Durant la même période, les Philippines et l'Indonésie affichèrent des taux de croissance annuelle de leur PNB supérieurs à 3,5%. En l'espace de seulement trois décennies, entre 1966 et 1996, la production rizicole asiatique a plus que doublé, soit une croissance annuelle moyenne de près de 3% par an sur 30 ans. Elle est passée de 240 millions de tonnes de paddy à 513 millions. Elle a ainsi pu surpasser la croissance démographique qui atteignit 82% durant la même période et donc permis une élévation de la quantité moyenne de riz disponible par habitant sur le continent. Alors que les producteurs remplaçaient leurs variétés traditionnelles par les cultivars *indicas* semi-nains, un accroissement moyen du rendement à l'unité de surface de 88% fut le principal responsable de ce bond, tandis que l'augmentation des superficies cultivées était limitée à 15% et permettait d'éviter la mise en culture de terres fragiles.

Je considère donc que, d'une manière générale, les forces du mouvement de la révolution verte rizicole ont eu des effets bénéfiques supérieurs à leur impact négatif sur la condition des petits paysans, fermiers et salariés agricoles, ainsi que sur l'environnement. Cela est plus facilement mis en évidence quand la finesse de l'analyse permet de bien séparer et de ne pas confondre l'impact du mouvement lui-même par rapport à des effets induits par des politiques agricoles locales défavorables au petit paysannat (notamment en matière de tenure du sol), ou encore de ceux dus à une mécanisation visant seulement à supprimer du travail manuel. Mais les variétés *indicas* semi-naines, à la qualité du grain améliorée et de plus en plus souvent porteuses de résistances multiples aux principaux ravageurs et maladies du riz, aidèrent surtout les riziculteurs bénéficiant d'un environnement écologique et économique favorable à leur adoption à produire deux à trois fois plus de paddy sur la même surface de rizière tout en diminuant très significativement le coût de production d'une tonne de riz. C'est pourquoi l'impact, que je juge globalement bénéfique, de la diffusion de la révolution verte rizicole en Asie durant ces trois décennies a toutefois été, notamment en Inde, géographiquement très inégal comme je vais le montrer ci-dessous.

## **2.5 Un développement agricole géographiquement inégal car largement limité à la riziculture irriguée**

L'adoption des variétés semi-naines, très sensibles à la submersion comme à la sécheresse, n'a été possible à grande échelle que là où les rizières étaient irriguées ou dans les zones de riziculture inondée les plus favorables où la maîtrise de l'eau était suffisante durant la quasi totalité du cycle cultural. Il est intéressant de remarquer que l'impressionnante augmentation de la productivité du sol en rizière est souvent tout d'abord apparue là où les puissances coloniales avaient de longue date investi dans de grands travaux d'irrigation : les Anglais au Punjab, les Français au cœur du delta du Mékong, ainsi que les Hollandais à Java, par exemple.

*L'indispensable maîtrise de l'eau*

En Chine, où la riziculture est presque totalement irriguée et produit 35% du riz de la planète, la révolution verte, alliée à des changements institutionnels et économiques importants durant les réformes initiées en 1979, a fait passer les rendements moyens en paddy de 2,1 t/ha à 6,1 t/ha entre 1961 et 1996. L'augmentation de la productivité du sol par la culture généralisée des variétés semi-naines y a même été renforcée par l'introduction précoces des riz hybrides. Ils occupaient 41% des rizières chinoises dès la fin des années quatre vingt et furent en fait la principale cause d'élévation des rendements en riz dès la fin des années soixante dix. Dans le tableau 9, je mets clairement en évidence la forte corrélation existant entre l'étendue des surfaces irriguées et le taux d'adoption des variétés semi-naines ainsi que les niveaux de rendements moyens en paddy atteints. Par ailleurs, ce tableau illustre également l'importante diversité des situations entre pays.

Tableau 9. Importance des superficies irriguées, adoption des variétés de riz semi-naines de la révolution verte et niveaux de rendements en Asie.

Région / Pays	Superficie rizicole en 1996 (milliers d'ha)	% en rizières irriguées		% de la superficie en variétés semi-naines en 1993	Rendements moyens en paddy (t/ha)	
		1978-80	1992-94		1978-80	1994-96
Extrême-orient						
Chine	31.360	93,1	92,2	100	4,1	6,0
Corée du Sud	1.030	91,0	70,4	100	6,7	6,1
Japon	2.100	100,0	100,0	100	6,2	6,4
Asie du Sud-Est						
Birmanie	6.475	16,8	20,9	52	2,1	3,2
Cambodge	1.950	7,1	16,1	11	1,0	1,7
Indonésie	11.332	63,3	53,8	77	3,1	4,4
Laos	520	10,9	7,2	2	1,3	2,6
Malaisie	660	66,1	65,6	90	2,8	3,1
Philippines	3.951	43,1	60,9	89	2,1	2,9
Thaïlande	9.200	13,7	9,7	18	1,9	2,4
Viêt-Nam	7.300	39,5	83,0	89	2,0	3,6
Asie du Sud						
Bangladesh	10.030	11,6	36,4	56	2,0	2,7
Inde	42.700	34,5	46,2	66	2,0	2,8
Népal	1.487	20,7	49,1	36	1,9	2,2
Pakistan	2.264	100,0	100,0	35	2,4	2,5
Sri Lanka	800	62,6	72,4	91	2,4	2,6

Sources : adapté de Huke and Huke (1998), IRRI (1995) et FAO (1996).

Malgré des efforts significatifs effectués dans ce sens à partir des années quatre vingt et ensuite renforcés durant la dernière décennie (voir ci-dessous en parties 5 et 6), la recherche a par contre été beaucoup moins efficace pour mettre au point un matériel végétal et des pratiques culturales accompagnatrices aussi performants et adaptés aux écosystèmes rizicoles non irrigués. Dans le cas du Bangladesh, on observait à la fin des années quatre vingt des taux de population rurale vivant en-dessous du seuil de pauvreté très différents entre les

villages ayant pu participer à la révolution verte rizicole (51%) et ceux situés dans des conditions environnementales les écartant des bénéfices de ce mouvement (78%).

*Des inégalités croissantes entre agroécosystèmes rizicoles*

Si les rendements moyens de la riziculture chinoise, irriguée à 93%, atteignaient 6,0 t/ha de paddy en 1996, ils n'étaient en revanche que de 2,8 t/ha en Inde où les surfaces rizicoles sont beaucoup plus réparties entre les quatre grands types d'écosystèmes rizicoles. Certes d'autres facteurs non agro-écologiques doivent être pris en considération pour expliquer cette différence, mais dans le domaine irrigué qui couvre environ 46% du total des surfaces rizicoles indiennes, les rendements moyens en paddy s'élèvent à 5,5 t/ha et sont donc similaires à ceux observés en Chine, dans les deltas du Fleuve Rouge et du Mékong, à Java, ou au centre de Luzon.

Dans le tableau 10, je montre que si, en dehors du cas chinois, les quantités moyennes d'engrais minéral appliquées par hectare de rizière irriguée après la révolution verte varient assez peu entre pays, les différences entre les doses appliquées entre différents types d'agroécosystèmes rizicoles sont considérables. Ces données confirment indirectement la faible pénétration de ce mouvement majeur d'intensification rizicole dans les systèmes de production non irrigués où la non maîtrise de l'eau fait encourir aux cultures de variétés semi-naines des risques climatiques et économiques généralement trop élevés pour que leur adoption puisse être largement répandue.

Tableau 10. Estimation des doses d'engrais minéral appliquées en rizicultures irriguée et inondée dans quelques grands pays producteurs de riz en Asie. (En kg NPK/ha).

Pays	Type d'agroécosystème rizicole		
	Irrigué	Inondé avec assez bonne maîtrise de l'eau	Inondé avec faible maîtrise de l'eau
Chine	368		
Inde	172 <sup>a</sup>		32 <sup>b</sup>
Bangladesh	173	109	41
Viêt-Nam	173		15
Philippines	114	62	24

<sup>a</sup> : Moyenne pour les Etats du Punjab et du Tamil Nadu

<sup>b</sup> : Moyenne pour les Etats du Bihar et du Madhya Pradesh.

Sources : IRRI, World Rice Statistics 1993-1994.

Les données sur les rendements en riz par type d'écosystème rizicole sont assez rares. Les informations obtenues de l'IRRI montrent que l'augmentation moyenne des rendements en riziculture majoritairement inondée en Asie durant la révolution verte aurait été très réduite, la productivité du sol passant de 1,4 à seulement 1,8 t/ha entre 1964 et 1991 dans des contrées comme la Thaïlande, la Birmanie, le Cambodge, le Laos et les Etats de l'Inde

orientale. Dans le tableau 11, je présente les pays et les Etats de l'Union indienne en trois catégories selon que leur riziculture est irriguée (au moins 90% des surfaces rizicoles irriguées), en grande partie irriguée (40 à 90% des surfaces sont irriguées) ou largement non-irriguée (moins de 40% des rizières sont irriguées). Les différences de niveaux de rendements en paddy et de leurs taux de croissance sont estimées pour chacun de ces trois groupes, durant période principale de la révolution verte (1967-1986), ainsi que pour la décennie suivante.

Tableau 11. Evolution des rendements en riz entre les agroécosystèmes irrigués et non-irrigués en Asie de 1967 à 1996.

Type d'agroécosystème rizicole	Rendement moyen en paddy (t/ha)			Taux de croissance (% par an)	
	1967-69	1984-86	1994-96	1967-85	1985-96
Irrigué	3,3	5,3	5,9	2,7	1,2
En grande partie irrigué	1,8	2,8	3,5	2,6	2,4
Majoritairement non irrigué	1,4	1,7	2,1	0,8	1,8

Source : adapté de Hossain et Pingali, 1998.

Durant la dernière décennie, les rendements ont continué à augmenter dans les pays à riziculture «en grande partie irriguée» car les infrastructures d'irrigation y ont été améliorées, notamment en Inde, permettant le passage à la double culture annuelle de variétés précoces, avec des rendements élevés lors du cycle totalement irrigué de saison sèche. Cependant, toujours dans le cas de l'Inde, alors que les rendements en riz de certains Etats de l'Est du pays, où les rizicultures non-irriguées prédominent largement, ont stagné durant les trois décennies de la révolution verte, ceux des rizières irriguées à forte productivité des foyers du mouvement d'intensification rizicole, tels que le Punjab et le Tamil Nadu, affichèrent des taux de croissance annuelle des rendements en paddy de plus de 4% .

Dans leur étude comparative entre les états de la fédération indienne, Kalirajan et Shand (1997) ont pu montrer les évolutions nettement divergentes de la productivité totale des facteurs en agriculture<sup>10</sup> durant les années quatre vingt entre les zones majoritairement irriguées et les autres (tableau 12).

<sup>10</sup> "Total Factor productivity": cette notion rend compte du résultat combiné du progrès technique et de l'efficacité technique dans l'utilisation des facteurs de production sur le volume de la production (Fan, 1991).

Tableau 12. Evolution et comparaison entre Etats de la fédération indienne des contributions de l'augmentation de la productivité totale des facteurs agricoles à la croissance du volume de la production. 1980-1990.

Etat	Contribution de la productivité totale des facteurs à la croissance (%)		
	1980-83	1984-87	1988-90
<b><i>A riziculture irriguée dominante</i></b>			
Punjab	64	53	45
Haryana	55	46	33
Andra Pradesh	54	48	32
Tamil Nadu	53	47	34
<b><i>A riziculture non irriguée prédominante</i></b>			
Bihar	-37	-41	-42
Orissa	-31	-32	-33
Assam	-42	-42	-45
Madhya Pradesh	-28	-30	-33

Source : adapté de Kalirajan et Shand, 1997.

À la stabilité des contre performances enregistrées durant toute la période dans les états à riziculture non irriguée dominante, répond une inquiétante tendance à la perte de puissance du moteur «accroissement de la productivité totale des facteurs» dans la croissance de la production des zones largement irriguées au fil de la décennie et surtout au cours de ses dernières années.

Depuis la période couverte par cette série de données, les performances de la production dans l'agroécosystème «majoritairement non irrigué» tendraient à se redresser. Dans certains pays à riziculture non irriguée dominante, comme la Thaïlande ou le Bangladesh, les taux de croissance des rendements se sont élevés récemment, sans toutefois parvenir à dépasser le taux de croissance démographique dans le cas de ce second pays. Il est vrai que ces gains sont obtenus à partir des très bas niveaux maintenus durant les deux premières décennies de la révolution verte, durant lesquelles peu d'attention était portée vers ces agroécosystèmes « marginaux » aux multiples contraintes bio-physiques et socio-économiques. En riziculture d'eau profonde, ce n'est que depuis quelques années seulement que des cultivars précoces et à hauts potentiels de rendement en paddy sont disponibles et sont cultivés en Thaïlande et au Viêt-Nam<sup>11</sup>. Tandis que ce n'est que depuis 1995 que deux, puis trois autres variétés tolérantes à la salinité ont pu être diffusées dans les régions des Philippines affectées par ce type de problème. Or pourtant, dès 1979, Barker et Herdt (1979) écrivaient que «de nombreux pays devront obtenir la plupart de leurs augmentations de production dans les zones non irriguées durant les deux prochaines décennies». Plus récemment et dans le cas de l'Inde, Fan et Hazell (1997) ont montré que les taux de rentabilité des investissements

<sup>11</sup> Ainsi la variété thaï HTA60 produit jusqu'à 5 t/ha de paddy avec une fertilisation azotée de 80 kg/ha mais avec semis dense (300 plantes/m<sup>2</sup>).

publics en agriculture étaient dorénavant devenus plus élevés dans les zones non irriguées que dans les périmètres irrigués. L'expérience récente du Bangladesh a aussi démontré les bénéfices très élevés retirés de l'amélioration de la riziculture à submersion profonde au moyen d'un meilleur contrôle de l'eau.

En ce qui concerne la riziculture pluviale, pour laquelle encore moins de données sont disponibles, ses rendements n'auraient augmenté que de 0,3% par an en Inde et de 1,6% par an en Indonésie au cours des trois dernières décennies. La source réelle de telles augmentations étant largement inconnue et sur la base de mon expérience personnelle dans ce type d'agroécosystème au nord de la Thaïlande et au Laos (Van Keer et Trébuil, 1998/A18), je pense que globalement les rendements en riz pluvial en Asie ont stagné sur cette période en l'absence de toute innovation marquante. Au total, durant les décennies de la révolution verte, les disparités régionales de productivité rizicole entre les principaux types d'agroécosystèmes se sont accrues. Si en 1967-69, le rendement moyen du riz irrigué était 2,3 fois supérieur à celui des rizières non-irriguées, en 1994-96, ce chiffre s'était élevé à 2,8. Ainsi la révolution verte a contribué à des changements considérables dans la distribution inter-régionale des revenus dans les pays, comme l'Inde, la Thaïlande ou le Viêt-Nam. Ce fut surtout le cas là où des mouvements d'intensification similaires n'émergèrent pas pour d'autres cultures occupant les zones non rizicoles. Dans le cas thaïlandais, le maïs, la canne à sucre, l'hévéa, le palmier à huile, les cultures maraîchères et fruitières, etc. toutes ces cultures connurent aussi leur propre «révolution verte» ce qui contribua à limiter les différences de revenus agricoles entre la région centrale, largement irriguée, et les provinces du nord et du sud. Mais à ce jour une importante poche de pauvreté demeure au nord-est du pays où réside environ un tiers de la population du pays (Trébuil, 1987 ; Trébuil, 1995/A11, Trébuil, 1995/O19 Trébuil *et al.* 2000/C35). Dans ces cas, le plus grand reproche qui puisse être fait à la révolution verte rizicole, est bien de ne pas s'être plus largement répandue !

#### *Un modèle d'intensification durable ?*

Les tableaux 11 et 12 montrent aussi que le rythme d'accroissement des rendements en riz irrigué et de la productivité totale des facteurs de production mobilisés s'est considérablement ralenti après 1985, entraînant avec lui un ralentissement de la croissance du volume de production de riz et un accroissement inquiétant des problèmes de dégradation de l'environnement (voir partie 4). Dans les rizières irriguées chinoises, vietnamiennes, de Java, ou de centre Luzon aux Philippines, les riziculteurs approchent maintenant des potentiels de rendement permis par le matériel végétal à la base de la révolution verte sous climat tropical humide. La productivité du sol ne peut plus s'élever rapidement malgré des consommations croissantes d'intrants par unité de surface qui rendent les gains marginaux de production obtenus de plus en plus coûteux. Au Japon et en Corée du Sud, les rendements moyens ont commencé à décliner. Dans le cas de la Chine, malgré le relais pris précocement par la production des riz hybrides à très haut potentiels productifs, il est souhaitable que la recherche rizicole publique puisse se ressaisir et soit à nouveau richement dotée afin que le pays n'ait pas à faire face à un sérieux déficit rizicole dans le futur.

En effet, les réformes entreprises lors de la décennie passée pour approfondir l'intégration de l'économie chinoise au marché y ont touché le mode de financement de la recherche agricole. La baisse des moyens de financement de la recherche qui en a résulté pourrait affecter la productivité et la qualité des travaux de cet imposant SNRA sur le long terme. Selon l'IFPRI, l'abaissement des taux d'investissement dans la recherche rizicole et les infrastructures d'irrigation pourrait éliminer le léger surplus de production de riz chinois actuel face à l'évolution de la demande à l'horizon 2020. Mais ce déficit rizicole potentiel, dont l'ampleur est généralement estimée de façon divergente par les différents modèles agro-économiques développés ces dernières années, sera sans commune mesure avec celui, impressionnant, qui va se creuser dans le cas du maïs et des cultures produisant la matière première de l'industrie des aliments du bétail. Parallèlement, dans tous les pays asiatiques, aux SNRA généralement moins puissants que celui de la Chine, l'OCDE a enregistré une «fatigue» de l'aide étrangère au développement depuis le début des années quatre vingt dix et de fortes incitations des organisations internationales en faveur d'une libéralisation croissante des marchés et d'un désengagement de l'Etat dans de nombreux domaines. Cette évolution était déjà très sensible lors des «dix glorieuses» (1986-1996) précédant la crise déclenchée en 1997, qui ont vu la plupart des pays miser sur une croissance économique basée sur les exportations selon un modèle de «vol des oies sauvages» en fonction du déplacement des avantages comparatifs entre pays, à commencer par le coût du travail. Si les exportations dépassent maintenant plusieurs dizaines de milliards d'euros par an dans de nombreux pays, leur augmentation a souvent conduit à tourner le dos au développement agricole. En 1995, la Chine (11<sup>ème</sup>), la Malaisie (19<sup>ème</sup>), la Thaïlande (22<sup>ème</sup>), l'Indonésie (27<sup>ème</sup>) et l'Inde (31<sup>ème</sup>) figuraient déjà parmi les grands pays exportateurs au niveau mondial, mais voyaient leurs économies dépendre de plus en plus de l'industrie des produits électroniques<sup>12</sup>. Dans la plupart de ces pays traditionnellement producteurs de riz, le secteur rizicole a été affecté par cet affaiblissement de l'intervention publique au profit de l'intégration au marché international et de la montée en puissance du secteur privé sur la vague mondiale de la libéralisation des échanges.

Les limites atteintes par le mouvement de la révolution verte rizicole ont conduit à la reconnaissance de l'importance des rizicultures non irriguées présentant des niveaux d'hétérogénéité spatiale et de variabilité temporelle bien plus élevé que dans les périmètres irrigués. Dans ces agroécosystèmes forcément divers et complexes, plus encore qu'ailleurs il est nécessaire, au-delà des diguettes du casier rizicole, de raisonner au niveau des systèmes d'exploitation agricole dans leur diversité. Le type de recherche agricole souhaitable dans ces environnements non-irrigués, aux infrastructures de communication et aux institutions d'encadrement moins ramifiées, a peu à voir avec la création et la «diffusion en tâche d'huile» d'une variété donnée et des techniques l'accompagnant pour créer des systèmes de culture d'une supériorité incontestable. Les SNRA les plus concernés pourront-ils disposer des moyens suffisants pour conduire de tels programmes de recherche-action basés sur une démarche systémique? Le moment semble assez mal venu. L'enjeu est pourtant crucial comme je vais le montrer dans la partie suivante.

---

<sup>12</sup> Ce secteur industriel représentait, en valeur lors du premier semestre 2000, 60% des exportations des Philippines, 34% pour la Malaisie, 25% en Thaïlande, 14% en Chine populaire (33% à Taiwan), 12% en Indonésie, etc. selon la Far Eastern Economic Review du 26 octobre 2000.



### **3. Caractérisation, distribution, importance relative et dynamiques des grands types d' agroécosystèmes rizicoles**

Au début des années quatre vingt, lorsque j'arrivai sur mon terrain rizicole de thèse à Sathing Phra, aucun consensus n'existait en Asie quant à la terminologie permettant de distinguer les différents types de rizicultures. Cette absence de référentiel commun occasionna de multiples confusions, notamment lors des débats, très animés à l'époque, sur l'impact et les conséquences sociales de la première phase de la révolution verte rizicole. Comme je l'ai montré ci-dessus, les limites rencontrées par la dissémination des technologies de la révolution verte incitèrent la recherche rizicole publique à ne plus limiter ses efforts d'amélioration de la production de riz à l'agroécosystème irrigué, relativement plus homogène. Elle se devait maintenant d'affronter les conditions autrement plus hétérogènes des autres agroécosystèmes rizicoles en mobilisant plus efficacement un nombre croissant de SNRA dans plusieurs grands pays producteurs. Pour cibler les thèmes de recherche par type de riziculture et organiser de nouveaux dispositifs de coopération interinstitutionnelle adaptés, le besoin d'une classification des (sous-) écosystèmes qui soit internationalement reconnue devint urgent. Une telle typologie doit avant tout servir à caractériser les types d'environnements rizicoles majeurs où des activités de recherche taillées sur mesure seront conduites. Elle aide aussi à planifier les travaux de recherche multi-locaux, comme les échanges de matériel végétal, à extrapoler les résultats d'expériences entre sites et à en guider la diffusion dans des agroécosystèmes aux caractéristiques similaires, notamment en définissant les incitations nécessaires à promouvoir par des politiques agricoles adaptées.

#### **3.1. Typologie des grands agroécosystèmes rizicoles en Asie**

Un comité international fut donc nommé à cette époque pour travailler à l'établissement d'une telle classification. Considérant que le régime hydrique général de surface dans la rizière était le principal déterminant des choix du type d'architecture de la plante de riz comme des techniques culturales mises en œuvre pour la cultiver, il retint ce critère principal pour l'établissement de sa classification. Parmi les espèces végétales domestiquées, seule *Oryza sativa* est cultivée dans un éventail aussi élargi de conditions topographiques et hydrologiques qui vont d'en-dessous du niveau de la mer dans les dépressions deltaïques, jusqu'à 2.000 m d'altitude sur l'arc himalayen au Népal, ainsi que depuis l'équateur jusqu'à 50° de latitude nord. Ce qui ne facilita pas l'exercice imposé. Suite à ces travaux, qui donnèrent lieu à la proposition par différents auteurs de plusieurs types de classifications, les unes basées sur les caractéristiques du terrain, ou sur le climat, d'autres sur l'origine physique de l'eau utilisée, ou encore en fonction des saisons de culture, etc., depuis 1984 une typologie des principaux agroécosystèmes rizicoles reposant sur le fonctionnement hydraulique en surface, les caractéristiques des terres et l'adaptation des grands types de variétés de riz à ces conditions est très largement utilisée au niveau international (Khush, 1984). Une telle typologie relativement simple, parce que basée surtout sur le régime des conditions hydrologiques de surface, correspond aussi de fait à différents niveaux d'artificialisation de

l'écosystème par les riziculteurs et les Etats. Souvent, de façon tout à fait rassurante, elle ressemble beaucoup à celles élaborées par les riziculteurs eux-mêmes, comme au Bangladesh par exemple. Si tous les types de rizicultures peuvent être présents sur une même exploitation agricole et *a fortiori* sur un terroir villageois, comme nous avons pu l'étudier sur la péninsule de Sathing Phra au sud de la Thaïlande, généralement, un type d'écosystème rizicole domine assez largement les autres (Trébuil, 1987 ; Trébuil, 1988/O7). Il en est ainsi de la riziculture inondée à faible niveau de maîtrise de l'eau dans le cas de la péninsule de Sathing Phra. Et ce type de riziculture, ici étroitement associé à la culture également pluricentenaire du palmier à sucre (*Borassus flabellifer*), peut alors être considéré comme le mode dominant d'artificialisation de l'écosystème, comme proposé par M. Mazoyer et sa théorie sur l'évolution historique et la différenciation géographique des systèmes agraires (Mazoyer et Roudart, 1997). Ainsi, je n'ai personnellement pas rencontré de difficultés lorsque qu'il m'a fallu re-situer mes différents terrains de recherche rizicoles dans cette classification. C'est pour ces raisons que je l'utilise ici, tout en regrettant que beaucoup d'auteurs français ayant écrit sur les rizicultures asiatiques ces dernières années n'en aient pas assez tenu compte, ce qui souvent hélas conduit à ce que leurs propos ont plus de difficultés à trouver leur juste place dans les débats internationaux sur le sujet.

Cette classification complète comprend cinq grands types de rizicultures sub-divisés en 18 sous-agroécosystèmes (tableau 13). Ces grands types correspondent à de larges zones, bien évidemment non strictement homogènes, où domine en rizière un type de dynamique de l'épaisseur de la lame d'eau en surface lors d'une année climatique moyenne. Ce niveau de submersion peut-être plus ou moins constant (5-15 cm pour l'écosystème irrigué à très bonne maîtrise de l'eau par exemple), ou à l'autre extrémité être très variable au fil des mois (de zéro à plusieurs mètres d'eau dans le cas des riz flottants). Les sous-écosystèmes sont eux basés sur des subdivisions en fonction de l'épaisseur moyenne de la lame d'eau en surface. Les seuils d'épaisseur retenus correspondent surtout à des limites acceptables pour différents grands types d'architecture de la plante de riz (aux potentiels de productivité physique très contrastés), au régime hydrologique de surface (alimentation en eau optimale du casier, ou avec déficit ou encore excès d'eau, etc.) et parfois à des contraintes liées au sol ou à la température durant le cycle cultural.

Avec le temps, les opinions et les usages terminologiques s'étant rapprochés, et aussi compte-tenu de l'importance respective très inégale des différents grands types et sous-types retenus, cette classification a encore pu être simplifiée afin d'en faciliter et d'en répandre l'usage. Cette nouvelle typologie, maintenant généralement utilisée à travers l'Asie, ne retient plus que quatre agroécosystèmes rizicoles majeurs : irrigué, inondé, pluvial, à submersion profonde et de zones côtières inondables ; en ne distinguant plus que deux sous-écosystèmes chez chacun des deux types de rizicultures les plus importants :

- irrigué en saison humide et irrigué en saison sèche, avec un ou deux cycles par an, et
- inondé à faible épaisseur de la lame d'eau non contrôlée (moins de 25 cm) et inondé plus profondément (25-50 cm).

Tableau 13. Classification internationale complète des agroécosystèmes rizicoles basée sur l'hydrologie générale de surface.

Agroécosystèmes majeurs	Sous-écosystèmes rizicoles
1. Irrigué : avec maîtrise de l'eau plus ou moins élevée (« irrigated »)	a. Avec températures favorables à la croissance du riz (22-32 °C) b. Avec basses températures, en zone tropicale c. Avec basses températures, en zone tempérée
2. Inondé : sans ou avec un faible niveau de maîtrise de l'eau (« rainfed lowland »)	a. Peu profond (0-25 cm) et sans déficit ou excès d'eau prolongés b. Peu profond (0-25 cm) mais avec risque de sécheresse c. Peu profond (0-25 cm), avec risque de sécheresse et de submersion d. Peu profond (0-25 cm) mais avec risque de submersion e. Moyennement profond (25-50 cm) et hydromorphe
3. A submersion profonde (« deep water »)	a. A submersion profonde (50-100 cm) b. A submersion très profonde (> 100 cm, parfois 5-6 m)
4. De zones côtières inondables (« tidal wetlands »)	a. Avec eau douce en permanence b. Avec eau saumâtre, temporairement ou en permanence c. Sur sols sulfatés acides d. Sur sols tourbeux
5. Pluvial : absence totale de submersion (« upland »)	a. Favorable avec longue saison de culture b. Favorable mais avec courte saison de culture c. Défavorable (risque de sécheresse et/ou sols acides) avec longue saison de culture d. Défavorable avec courte saison de culture

Source : adapté d'après Khush 1984.

Depuis une douzaine d'années, c'est aussi sur elle que repose la structuration et la planification des activités de recherche de l'IRRI en grands programmes par type d'agroécosystème rizicole majeur. Quelques années plus tard, comme nous allons le voir de façon détaillée ci-dessous, c'est encore cette typologie qui a servi à structurer et à renforcer les recherches collaboratives avec les SNRA d'Asie sous la forme de consortias par grands types de rizicultures. Elle est donc aussi très adaptée à notre propos sur l'analyse de l'évolution récente du fonctionnement et de l'impact de la recherche rizicole publique en Asie.

La figure 13 propose une représentation schématique de ces principaux agroécosystèmes rizicoles le long d'une toposéquence. Il est important de noter que le riz irrigué, dont la

caractéristique principale est la maîtrise, plus ou moins poussée selon les endroits, du niveau de l'eau dans le casier tout au long des cycles culturels au moyen de canaux d'irrigation et de drainage, peut en fait être rencontré à n'importe quel niveau de cette toposéquence fictive pourvu qu'une amenée d'eau ou son pompage soit disponible afin de permettre la simple, double, voire la triple culture annuelle.

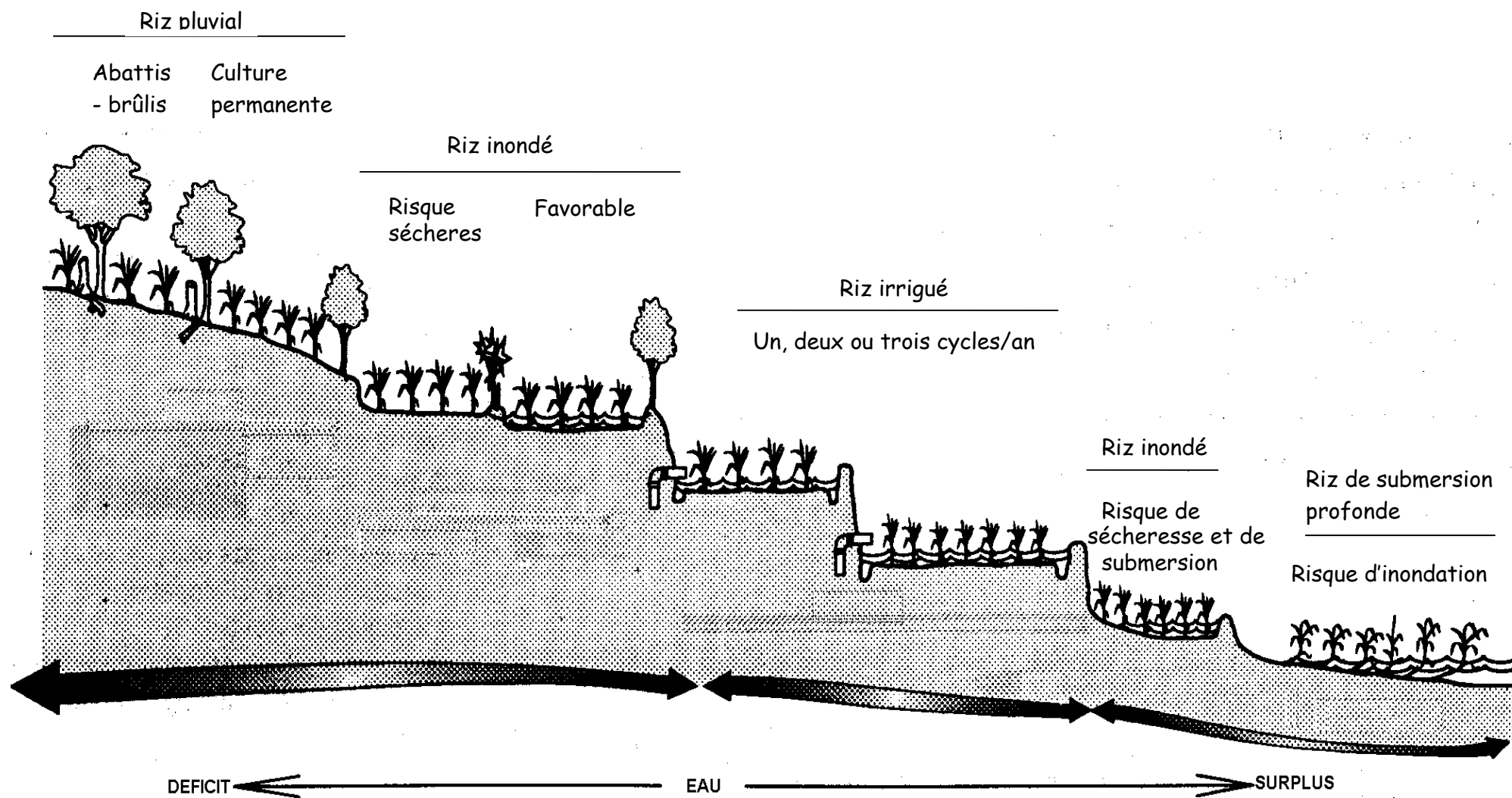
Bien entendu, des variations topographiques et hydrologiques, tout comme de nature socio-économique sont présentes à l'intérieur des grandes zones ainsi délimitées dans lesquelles pourtant un type majeur de riziculture prédomine au sein du système agraire. Mais il n'exclut pas la présence d'aires cultivées avec un niveau d'artificialisation inférieur, qui souvent fut dominant par le passé, ni celle de modes d'exploitation du milieu annonçant le franchissement prochain d'une nouvelle étape qualitativement importante dans ce domaine. Ainsi, si en Extrême-Orient l'agroécosystème irrigué est quasiment le seul présent (Japon, Corée du Sud, Taiwan) et qu'en Chine populaire, ainsi que dans une moindre mesure en Indonésie, il conserve une domination écrasante par rapport aux autres types de rizicultures, dans les cas de l'Inde et du Bangladesh je montre dans le tableau 14 que les quatre grandes catégories d'écosystèmes rizicoles majeurs sont présentes de façon plus équilibrée et peuvent donc toutes jouer un rôle important selon les conditions spécifiques des régions du pays considérées. En Birmanie et surtout en Thaïlande, tout comme au Cambodge et au Laos c'est même l'agroécosystème inondé qui domine largement le paysage rizicole national.

Tableau 14 . Pourcentage des superficies par grand type d'agroécosystème rizicole chez les principaux pays producteurs d'Asie.

Ecosystème rizicole	Irrigué	Inondé	Pluvial	A submersion profonde
Chine	<b>93</b>	5	2	0
Indonésie	<b>72</b>	7	11	10
Philippines	<b>61</b>	<b>35</b>	2	2
Viêt-Nam	<b>53</b>	<b>28</b>	8	11
Inde	<b>45</b>	<b>33</b>	<b>15</b>	7
Bangladesh	<b>35</b>	<b>34</b>	8	<b>23</b>
Birmanie	18	<b>52</b>	6	<b>24</b>
Thaïlande	7	<b>86</b>	1	6

Source : adapté de Hossain, 1995.

Figure 13. Représentation schématique des principaux agroécosystèmes rizicoles et de leurs caractéristiques.



Source : adapté d'après IRRI, 1996.

Dans de nombreux terroirs, les conditions de culture en fonction de la profondeur d'inondation offrent un gradient continu dans le temps, comme j'ai pu le montrer de façon détaillée dans le cas du système à base de riziculture inondée sur la péninsule de Sathing Phra au sud de la Thaïlande (Trébuil, 1987). Ailleurs au contraire de brusques variations inter-annuelles de la pluviométrie pourraient conduire à classer une zone sous un type d'agroécosystème donné une année et sous un autre l'année suivante. Ainsi, dans le cas de nombreuses rizières d'Inde orientale, une année humide les classera en riziculture inondée, tandis qu'en année sèche et en l'absence de toute submersion durable, elles seront conduites comme un riz pluvial.

D'autre part, bien souvent, la gestion de l'eau du riz irrigué est, pour de multiples raisons, sub-optimale par rapport aux besoins de la culture au long du cycle et notamment pour le contrôle efficace des adventices. Ces observations compliquent évidemment l'exercice de classification des agroécosystèmes rizicoles et une typologie basée sur le régime hydrique de surface des rizières comporte bien sûr un risque de simplification outrancière de situations agraires extrêmement complexes et dynamiques gérées par l'homme. Cependant, je considère que la prise en compte d'un premier niveau, certes grossier mais essentiel, de la diversité des situations rizicoles qu'elle permet, ajoutée au test de cette typologie lors d'une dizaine d'années d'usage par l'IRRI et ses partenaires des SNRA asiatiques, sans que quiconque pense aujourd'hui à l'abandonner, suffit à en valider la pertinence pour la conduite de recherches collaboratives décentralisées sur ce vaste continent. Elle a je crois permis des progrès significatifs dans la caractérisation des rizicultures par les chercheurs des SNRA, ainsi qu'un meilleur suivi de leurs transformations différenciées, tout comme une programmation des moyens et activités de recherche plus adaptés à la diversité des situations. Le tableau 15 résume les principales caractéristiques agro-écologiques qui différencient nettement ces quatre grands types d'agroécosystèmes rizicoles.

Pour chacun d'entre eux, bien qu'aucun de ces agroécosystèmes rizicoles ne peut être considéré comme uniforme, je précise brièvement ci-dessous quelles sont leurs caractéristiques originales majeures, leur importance relative, ainsi que leurs principales dynamiques récentes. Compte-tenu des remarques faites ci-dessus, il est bien entendu difficile d'estimer précisément les superficies et les productions en provenance de chacun de ces quatre agroécosystèmes rizicoles majeurs. Les estimations des surfaces, volumes de production et pourcentages qui suivent sont toutes extraites de la seconde édition de l'almanach du riz de l'IRRI (1997a) qui, à chaque nouvelle édition, fait de plus en plus autorité en la matière. Je considère que leur degré de précision est suffisant ici afin de comprendre et d'illustrer les grandes différences existant entre les enjeux et les investissements de la recherche publique (et privée) leur correspondant dans ces quatre grands types de situations rizicoles contrastées.

Tableau 15. Principales caractéristiques des quatre grands types d'agroécosystèmes rizicoles en Asie.

Type d'écosystème rizicole	Pluvial	Inondé	Irrigué	Submersion profonde et de zones côtières
Terrain	Plat à très pentu; sol en conditions aérobies	Plat à très peu pentu; casiers endigués; sol avec alternance de périodes en conditions aérobies et anaérobies	Plat. Casiers endigués; sol en conditions anaérobies durant toute la durée du cycle cultural	Plat à très peu pentu ou dépression; sol avec alternance de périodes avec conditions aérobie et anaérobie; salinité et toxicités en zones côtières
Hydrologie de la rizière	Pas de submersion durant le cycle cultural, ou submersion exceptionnelle	Submersion non continue, variable en profondeur et en durée, mais n'excédant pas 50 cm durant plus de 10 jours	Submersion contrôlée de faible profondeur (5-15 cm) durant toute la durée nécessaire du cycle cultural	Submersion non continue, variable en profondeur et en durée, mais avec toujours plus de 10 jours de submersion profonde à très profonde (50 à plus de 300 cm) durant la culture
Principaux modes d'implantation de la culture	Semis direct du riz ou après labour en sec. Pas de mise en boue	Riz transplanté après mise en boue ou semé directement sur boue ou après labour en sec	Riz repiqué, ou semé avec du grain pré-germé, après mise en boue	Riz repiqué après mise en boue ou semé en sec après labour sur sol peu humide

### 3.2. La riziculture irriguée

Environ 79 millions d'hectares de rizières sont irrigués dans le monde, soit 55% des surfaces rizicoles globales, produisant environ chaque année 75% de la récolte mondiale de cette céréale. Les rizières irriguées sont à 90% situées en Asie, ce qui en fait l'écosystème rizicole crucial qui contribue le plus, et de loin, aux volumes de production de ce continent, tout comme au niveau mondial. Le riz irrigué y est cultivé en casiers (de quelques mètres carrés à plusieurs hectares) cernés de diguettes, après mise en boue de l'horizon superficiel du sol et en bénéficiant d'une irrigation et d'un drainage assurés avec plus ou moins d'efficacité selon la qualité des infrastructures locales ainsi que les stratégies et les pratiques associées des agriculteurs (recherche du rendement en paddy maximal ou pas notamment).

Lorsque le système d'irrigation disponible, en général basé ici sur des barrages d'élévation et de diversion au fil de l'eau, ne permet qu'une irrigation de complément lors des périodes sans pluies de la mousson humide et le drainage des excès d'eau éventuels, un cycle unique de riz irrigué est produit par an. Il est éventuellement suivi lors de la saison sèche et fraîche suivante d'une culture moins gourmande en eau et à cycle plus court (légumineuse à graines, cultures maraîchères, etc.). Une distribution géographique de cet important sous-

agroécosystème ainsi qu'une estimation des superficies cultivées de la sorte est proposée sur la carte 1 pour chacune des grandes régions sous-continentales assez différenciées que sont l'Asie de l'Est, du Sud et du Sud-Est.

Par contre, lorsque de plus importants ouvrages hydrauliques ont conduit à la construction de barrages réservoirs, ou quand l'irrigation est basée sur le pompage de la nappe phréatique (cas fréquent en Asie du Sud), ou bénéficie d'une élévation du niveau de l'eau dans les canaux au rythme du battement des marées (comme dans le cas du delta du Mékong), la double culture du riz irrigué au moyen d'un cycle en saison humide suivi d'un autre, totalement dépendant de l'eau d'irrigation, en saison sèche peut être pratiquée grâce aux variétés semi-naines précoces et non photopériodiques. En certains endroits, en fonction du niveau de la demande locale des consommateurs ou encore selon la rentabilité comparée du riz par rapport à d'autres productions, la triple culture annuelle s'est installée. La carte 2 présente la distribution spatiale et les estimations des superficies exploitées à travers le continent asiatique au moyen de ce second type, également très répandu, de sous-écosystème à riz irrigué reposant sur la double ou la triple culture annuelle.

La riziculture irriguée est incontestablement le mode d'exploitation rizicole des terres qui a, pendant des siècles, de Montesquieu<sup>13</sup> à nos jours, exercé une sorte de fascination sur les européens à cause de «l'industrielle technologie présidant à la culture de cette céréale exotique» comme l'écrivait en 1981 le regretté J. Barrau. Cette fascination a pu être entretenue dans les années trente par la lecture des deux thèses magistrales, très heureusement rééditées récemment, de René Dumont en 1935 et de Pierre Gourou en 1936, sur ce qui allait ensuite être appelé la «civilisation du végétal» des paysans du Tonkin. Mais que de transformations technologiques ont eu lieu depuis lors! Aujourd'hui, les rendements en riz irrigué varient de 3 à 9 tonnes de paddy par hectare et par cycle cultural, avec une moyenne actuelle de 5 t/ha en conditions tropicales et de 6,5 t/ha en zone tempérée bénéficiant de conditions biophysiques plus favorables à la culture, notamment par allongement de la phase de remplissage des grains. Dans cet agroécosystème rizicole tout de même plus homogène que les autres et où le degré élevé d'artificialisation atteint permet de s'affranchir largement des variations climatiques (sauf dans le cas de celles d'amplitudes exceptionnelles), les riziculteurs peuvent à moindres risques, climatiques comme économiques, utiliser plus largement qu'ailleurs les intrants d'origine industrielle (engrais, pesticides, énergie fossile, etc.) ainsi que les équipements moto-mécanisés pour la production d'importants surplus commercialisés (Trébuil, 1997a/023).

C'est comme nous l'avons montré ci-dessus le domaine des variétés *indicas* semi-naines, précoces, au feuillage érigé, résistantes à la verse et répondant fortement à l'azote, innovation technologique clef ayant autorisé la forte intensification rizicole lors de la révolution verte. Toutes les lignées les plus récentes présentent des formes de résistances multiples vis-à-vis des principaux ravageurs et maladies du riz, ainsi que des formes de tolérance vis-à-vis des problèmes de sol. Dans les zones plus froides d'Extrême-Orient, où

---

<sup>13</sup> "Dans les lieux où croît le riz, il faut de grands travaux pour ménager l'eau; beaucoup de gens y peuvent donc être occupés(...) et la culture des terres devient pour les hommes une immense manufacture". In: L'Esprit des Lois, 1748, XXIII, XIV.



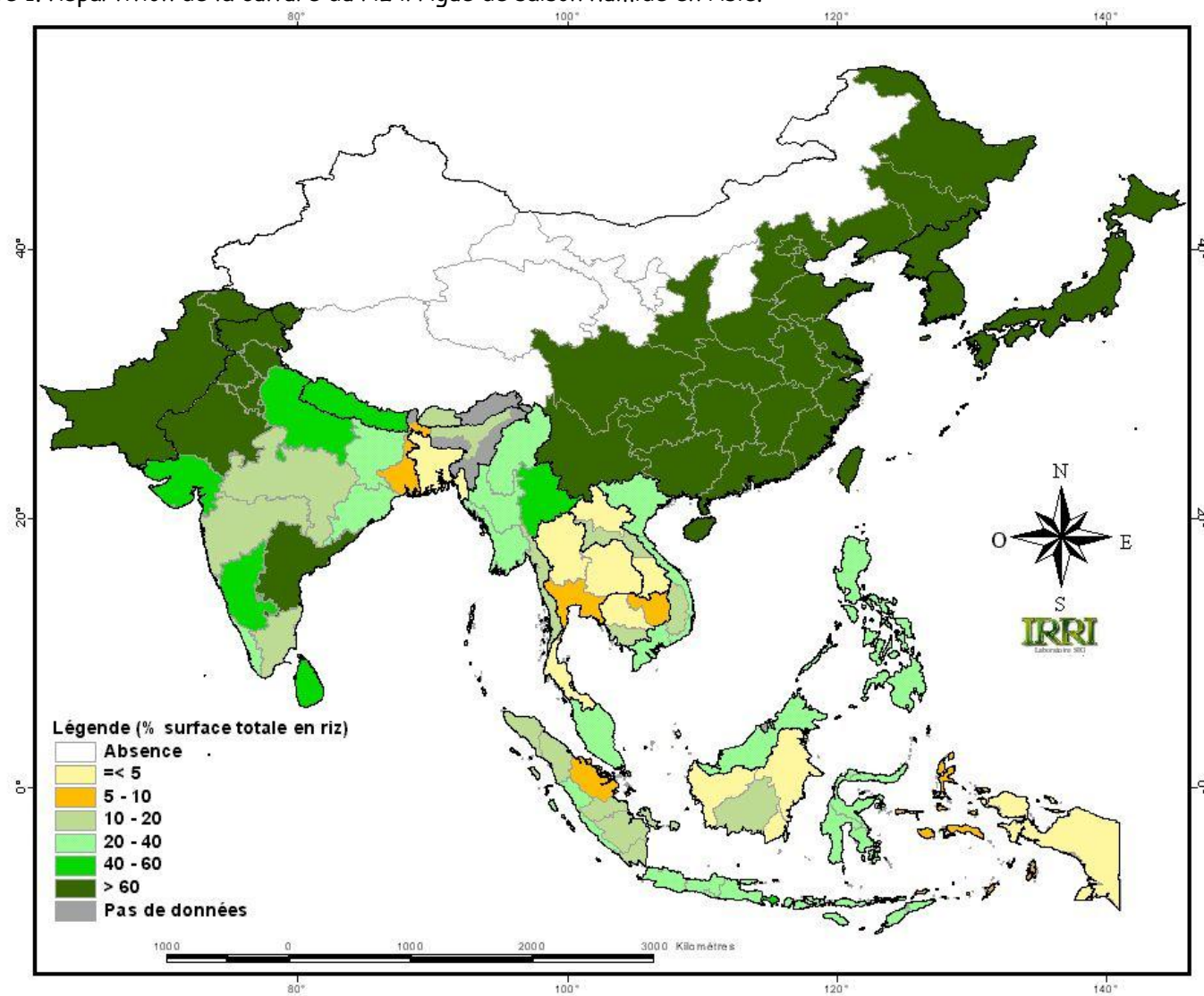
93% des rizières sont irriguées et représentent environ 43% des superficies mondiales de riz irrigué, ce sont généralement des variétés du groupe des *japonicas*, plus tolérantes aux basses températures, qui sont cultivées. Les pays asiatiques aux rendements les plus élevés en riziculture irriguée sont la Chine, le Japon, l'Indonésie, le Viêt-Nam et la Corée du Sud.

Les principales contraintes actuellement rencontrées dans l'écosystème irrigué sont liées à :

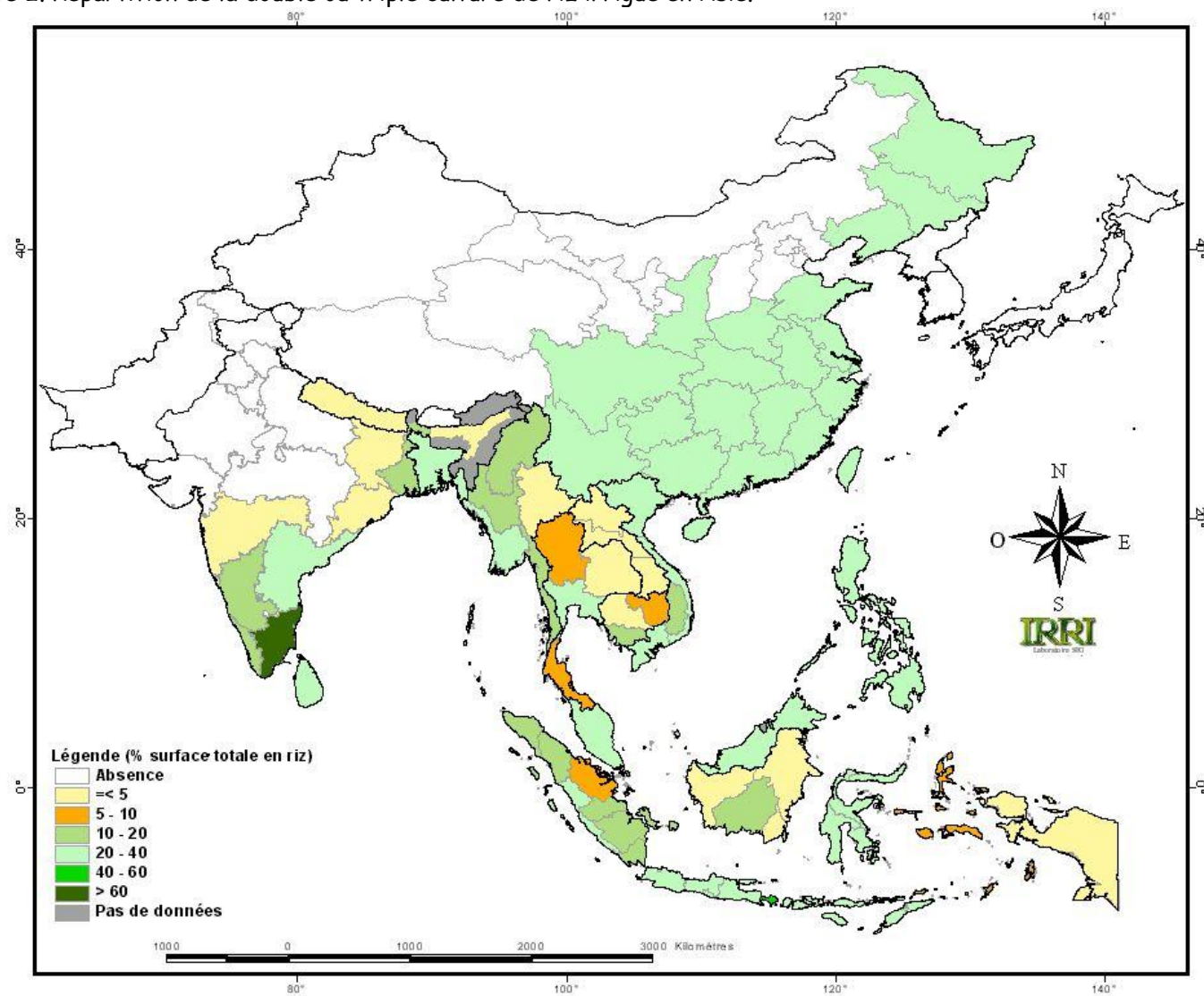
- un plafond du potentiel de rendement en paddy qui stagne, depuis les années soixante, à environ 10-11 t/ha en un peu plus de cent jours en saison sèche (avec radiation solaire élevée) et à 7-8 t/ha en saison humide au ciel donc souvent nuageux,
- une tendance au plafonnement de la productivité du sol en rizière irriguée cultivée en monoculture intensive (souvent autour de 6 t/ha dans plusieurs pays), pouvant s'accompagner d'une baisse de la productivité des autres facteurs de production, notamment les intrants chimiques (engrais et pesticides),
- une faible efficience de l'utilisation de ces intrants souvent déjà appliqués en très fortes quantités ; laquelle efficience tend encore à diminuer dans les rizières irriguées à très haute productivité,
- un drainage inadéquat conduisant en de nombreux endroits, y compris dans des zones traditionnellement à très haute productivité physique (comme le Punjab), à la dégradation des terres par salinisation ou alcalinisation,
- une raréfaction croissante des ressources en eau disponibles pour la riziculture irriguée, face notamment à la concurrence économique intersectorielle croissante entre agriculture, industrie, services et consommation domestique liée à l'urbanisation rapide dans les deltas et plaines irriguées proches des grandes métropoles,
- un manque de main-d'œuvre croissant dans ces mêmes zones économiquement très dynamiques imposant des changements de pratiques importants (passage du repiquage au semis sur boue de semences pré-germées) et notamment la moto-mécanisation des principales opérations culturales,
- d'importantes pertes dues aux ravageurs et aux maladies de la culture responsables de l'instabilité des rendements dans les régions à très haute productivité du sol.

Actuellement, cet écosystème rizicole crucial est en contraction et en voie de diversification rapide (au moyen des cultures maraîchères et fruitières notamment) autour de nombreuses métropoles géantes (Manille, Djakarta, Saïgon, Bangkok, etc.). Ailleurs, son extension est ralentie par la diminution du nombre de projets d'irrigation due à l'augmentation du coût, financier mais aussi environnemental, social et politique, de ces infrastructures lourdes.

Carte 1. Répartition de la culture du riz irrigué de saison humide en Asie.



Carte 2. Répartition de la double ou triple culture de riz irrigué en Asie.

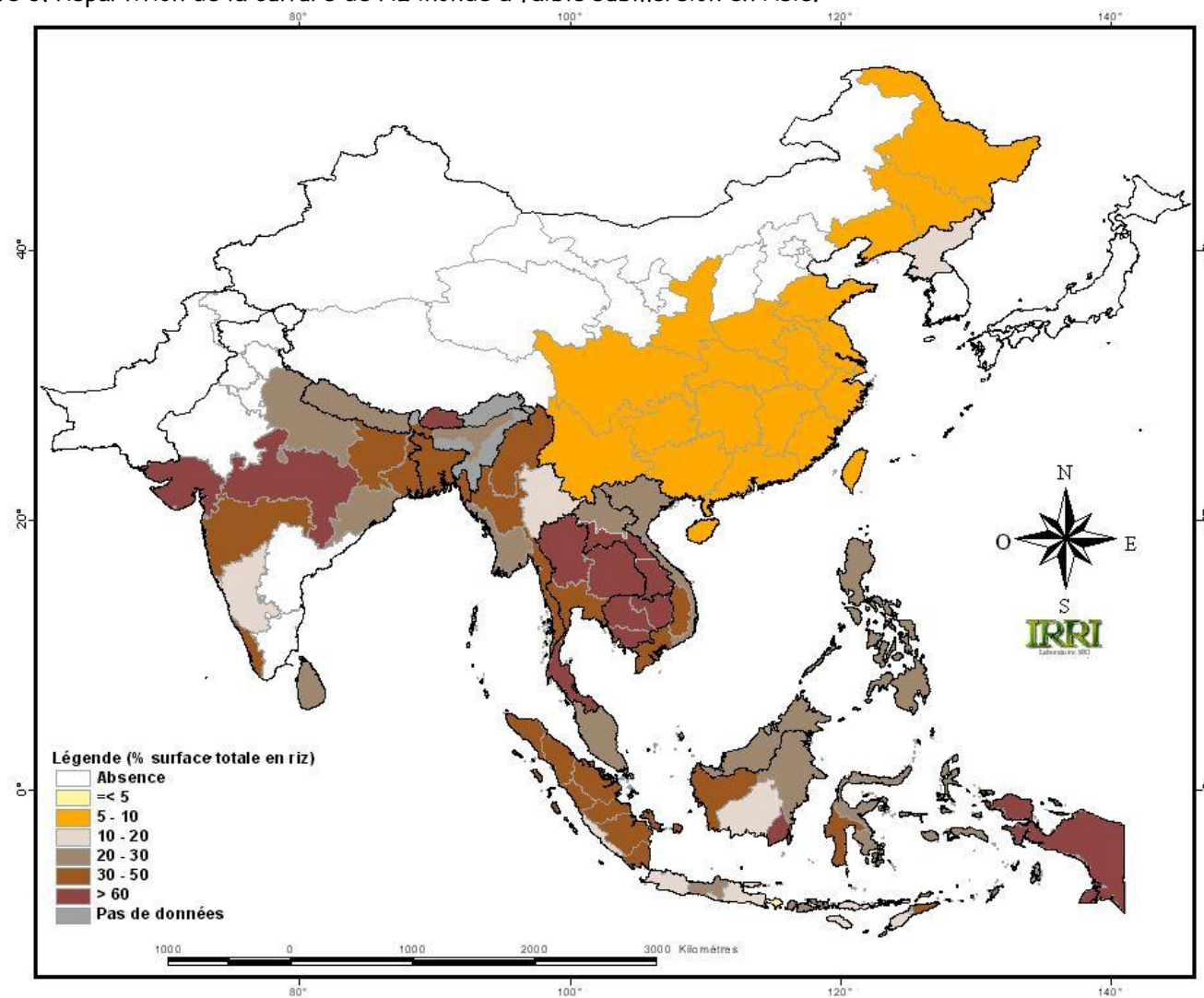


### 3.3. La riziculture inondée

Le riz inondé est cultivé sans maîtrise complète de l'eau lors d'un cycle annuel unique en saison humide, dans des casiers endigués, de taille généralement réduite, et submergés, plus ou moins profondément (mais jamais plus de 50 cm durant plus de dix jours), durant seulement une partie de la saison de culture (Trébuil, 1987 ; Trébuil et Hossain, 2000/A23). Par endroits, selon la longueur de la saison humide, une culture, généralement une légumineuse à graines à cycle court (haricot mungo, soja précoce, etc.) peut précéder ou suivre le cycle du riz inondé. Les facteurs biophysiques limitant l'amélioration de la riziculture inondée y étant différents, la recherche distingue généralement ici deux sous-écosystèmes selon la profondeur de la submersion. Soit elle est faible (0-25 cm, avec risque de déficit hydrique temporaire dominant; voir carte 3), soit elle est de niveau intermédiaire à profond (25-50 cm, avec un risque de submersion de la culture dominant; voir carte 4). Le riz inondé est cultivé sur environ 36 millions d'hectares correspondant à environ un quart de la superficie globale en rizière. Les rizières de ce type sont localisées à 90% en Asie du Sud (Bangladesh, Inde orientale) et du Sud-Est (Cambodge, nord-est de la Thaïlande, Birmanie, Laos, Philippines, etc.) où cet agroécosystème couvre au moins un tiers, voire plus de la moitié, des surfaces rizicoles. J'inclus ici les superficies cultivées en riziculture de décrue puisqu'elles sont aussi sujettes à un faible degré de maîtrise de l'eau. Relativement peu répandues sur le continent, elles occuperaient tout de même entre 150 et 200.000 hectares au Cambodge et produiraient en moyenne quelques 2,5 t/ha de paddy. D'une manière globale, la riziculture inondée fournit environ 18% de la récolte globale en riz et constitue donc le second agroécosystème rizicole par ordre d'importance.

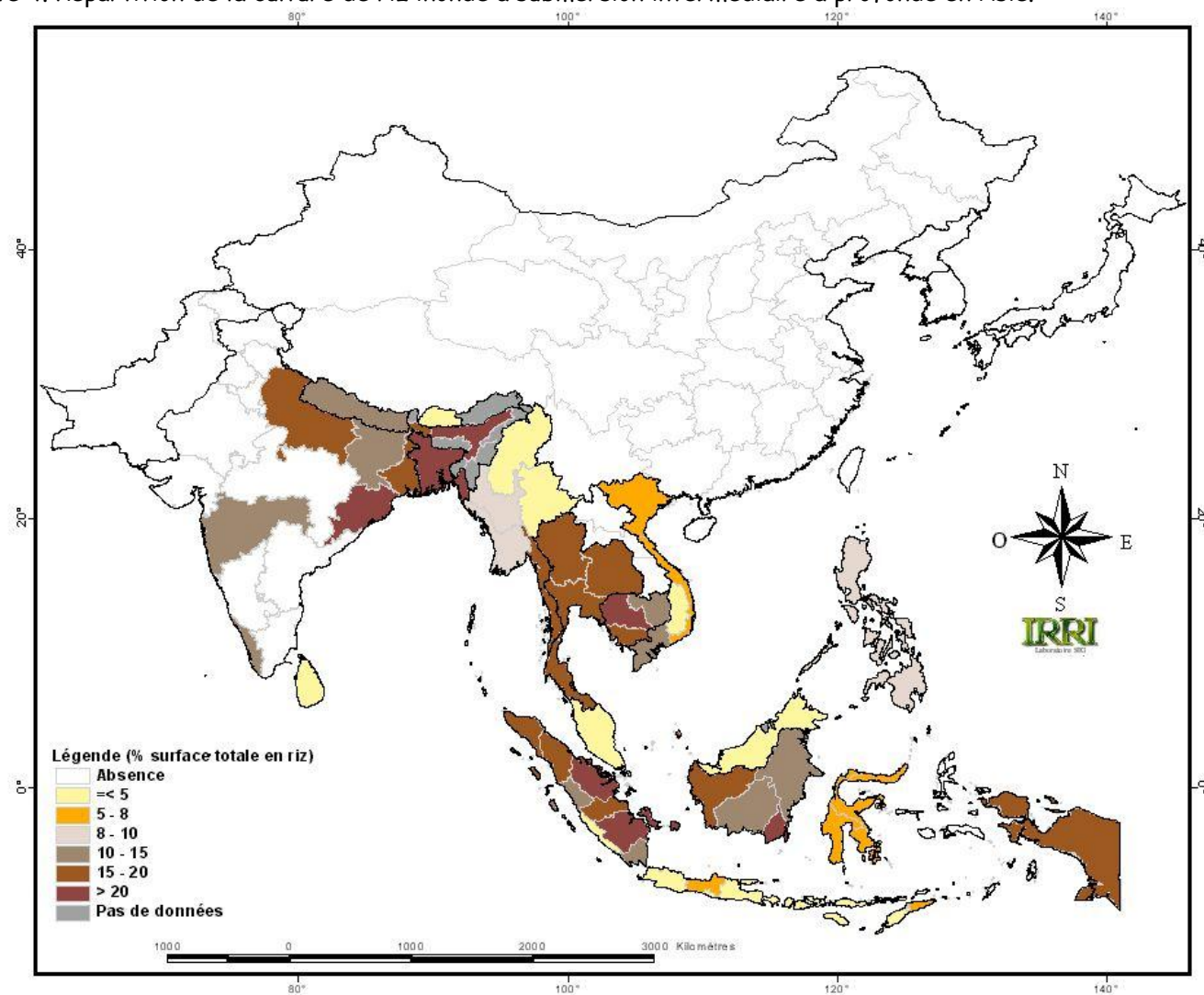
Cet agroécosystème dit « défavorable », à cause du très faible niveau de maîtrise de l'eau qui le caractérise, concentre aussi une large proportion de la pauvreté rurale asiatique (Inde orientale, Bangladesh, nord-est de la Thaïlande, Laos et Cambodge, etc.) où la malnutrition comme le sous-emploi sont des maux endémiques. Là où les contraintes biophysiques liées au complexe sol - eau ne sont pas trop sévères et donc où les risques de sécheresse et de submersion profonde prolongées sont limités, l'on parle couramment de riziculture inondée en conditions « favorables ». Ce sous-ensemble représenterait environ 7 millions d'ha, soit environ un cinquième seulement du total des superficies généralement classées en riziculture inondée. Les cartes 3 et 4 qui suivent présentent la distribution géographique de la riziculture inondée, à faible submersion et à inondation plus profonde respectivement.

Carte 3. Répartition de la culture de riz inondé à faible submersion en Asie.





Carte 4. Répartition de la culture de riz inondé à submersion intermédiaire à profonde en Asie.



L'alternance, parfois au cours d'un même cycle, de courtes périodes de sécheresse et de submersions profondes, ainsi que la présence fréquente de sols à problèmes (salinité, acidité, etc.) et de la forte compétition des adventices liée au manque de maîtrise de l'eau (Trébuil *et al.*, 1984/C4), sont les principales contraintes rencontrées au niveau de la parcelle de riz inondé. De récentes enquêtes conduites par les SNRA asiatiques permettent d'estimer les pertes de rendements dues à la sécheresse et à la submersion profonde temporaires à respectivement 130 et 110 kg/ha, soit environ 5 à 10 % du rendement moyen en paddy généralement obtenu dans de tels milieux. Ces chiffres me semblent cependant sous-estimés car dans beaucoup de régions (comme l'Inde et la Thaïlande orientales) les pertes de rendements causées par le non contrôle de l'eau sont bien supérieures à celles infligées par les ravageurs et les maladies du riz (généralement également estimées à 5-10% du rendement moyen en paddy).

Au niveau de l'exploitation agricole, le risque que représente la production de riz inondé sous la dépendance de la distribution incertaine des pluies de mousson doit être finement géré au sein de systèmes de production familiale, généralement diversifiés et comportant souvent une part non négligeable d'activités hors exploitation, surtout en saison sèche. Ici, les conditions écologiques et économiques de la production imposent la mise au point d'innovations taillées sur mesure afin qu'elles puissent être économiquement et socialement acceptables. D'une façon générale, les riziculteurs combinent en effet de multiples pratiques anti-aléatoires avec lesquelles les changements de matériel végétal comme des autres pratiques culturales doivent pouvoir être compatibles pour espérer être largement adoptés. Ainsi, des variétés très adaptées à ces milieux et recommandées depuis une quarantaine d'années, comme la fameuse Mashuri, peuvent encore voir leur aire de culture s'étendre par endroits. Les riziculteurs ne pouvant se prémunir qu'imparfaitement contre les effets des sécheresses et des inondations, le plus souvent ce sont toujours des variétés traditionnelles, d'assez haute stature et en majorité photopériodiques, qui sont ici cultivées. Les cultivars semi-nains modernes ne trouvent leur place que dans les casiers les plus favorables caractérisés par l'absence de stress hydrique et la présence de meilleurs sols. Parfois l'irrigation de complément durant la saison des pluies y est possible par gravité, de casier en casier, ou par pompage.

Chaque village dont la riziculture est dominée par ce type d'écosystème peut cultiver jusqu'à plusieurs dizaines de variétés, possédant des durées de cycle variables, le plus souvent groupées en quelques catégories correspondant aux différents sous-écosystèmes et étages écologiques présents caractérisés par différents types de stress hydriques (Trébuil, 1987). Chaque agriculteur peut en cultiver jusqu'à une demie douzaine environ, en pratiquant souvent de subtils assolements combinant des casiers semés et repiqués avec plusieurs types de pépinières afin de limiter au maximum les risques de destruction de la culture par les excès climatiques. Parfois, ce matériel végétal traditionnel rustique possède des caractéristiques du grain de qualité exceptionnelles (finesse et arômes). Il peut aussi être bien adapté aux sols pauvres et capables de tolérer des retards à l'établissement de la culture lors des années sèches. C'est ainsi le cas, au nord-est de la Thaïlande, du fameux riz aromatique *Khao Dok MaLi* («riz à l'arôme de fleur de jasmin») vulgarisé depuis 1959 sous l'appellation KDML105 et

de son *alter ego* glutineux le RD 6, qui est lui largement consommé par les riziculteurs laos *Isarn* locaux. Cultivé sur des millions d'hectares de rizières du plateau gréseux de Korat, grâce à son prix d'achat plus élevé au producteur, ce riz aromatique permet la survie de centaines de milliers de petites exploitations agricoles basées sur la riziculture inondée sur des terres acides, localement salines, et à texture grossière dans cette région la plus pauvre du royaume. Généralement, de telles caractéristiques qualitatives du grain empêchent l'adoption d'autres types de variétés pouvant être plus tolérantes à la sécheresse et à la submersion profonde, si elles ne sont pas également aptes à égaler ce type de cultivars locaux en matière de qualité technologique du grain de paddy récolté.

Ne pouvant généralement pas adopter les variétés semi-naines modernes, ni les techniques de production qui leur sont liées à cause d'un faible degré de maîtrise de l'eau dans la rizière, la riziculture inondée est donc très largement restée « sur le bord de la route » durant les décennies de révolution verte. Les recherches agronomiques ont aussi montré que les fréquents et brusques changements du régime hydrologique en surface conduisent ici à des réponses non assurées de la culture aux fertilisants apportés, tandis qu'ils limitent l'enracinement des plantes à une faible profondeur, les empêchant d'aller chercher l'eau du sous-sol en période de déficit et à la fin de la mousson humide.

A cause de l'hétérogénéité spatiale de cet écosystème, de la variabilité de son fonctionnement hydrologique au long d'un cycle cultural et de la domination jusqu'à ce jour de l'utilisation des cultivars traditionnels, bien adaptés à ce milieu contraignant mais à potentiel de production en grain réduit, les rendements en paddy des rizières inondées en Asie sont modestes, atteignant en moyenne 2,3 t/ha, mais sont aussi très instables. Cependant, en terme de superficie cultivée, la riziculture inondée serait en extension, généralement dans des zones à faible densité de population. Les moyens de recherche qui lui sont consacrés sont de plus en plus importants, car depuis 1985 plusieurs études économiques ont démontré la rentabilité économique élevée de tels investissements. De réelles marges de progrès sont accessibles, sur de vastes étendues, dans les étages agro-écologiques les moins contraignants eu égard aux conditions climatiques, pourvu que les producteurs et leur irremplaçable savoir-faire accumulé au fil des siècles soient intimement associés aux travaux des chercheurs.

### **3.4. La riziculture pluviale**

Le riz pluvial est produit sur des parcelles, en général non endiguées<sup>14</sup>, sur sols plats de plateaux ondulés (surtout en Asie du Sud sub-humide) jusqu'à des terres très pentues (cas très fréquent en Asie du Sud-Est, avec des pentes atteignant jusqu'à 60% au nord de la Thaïlande ; Trébuil *et al.*, 1997), aux sols bien drainés et où aucune submersion ne se produit à aucun moment au cours du cycle cultural, tout à fait comme dans le cas d'une culture de blé, d'orge ou de maïs. Dans le cas du riz pluvial strict, le système racinaire de la plante ne

---

<sup>14</sup> Lorsque de telles levées de terres existent, comme dans certaines régions d'Asie du Sud, leur rôle principal est de délimiter le parcellaire entre agriculteurs.



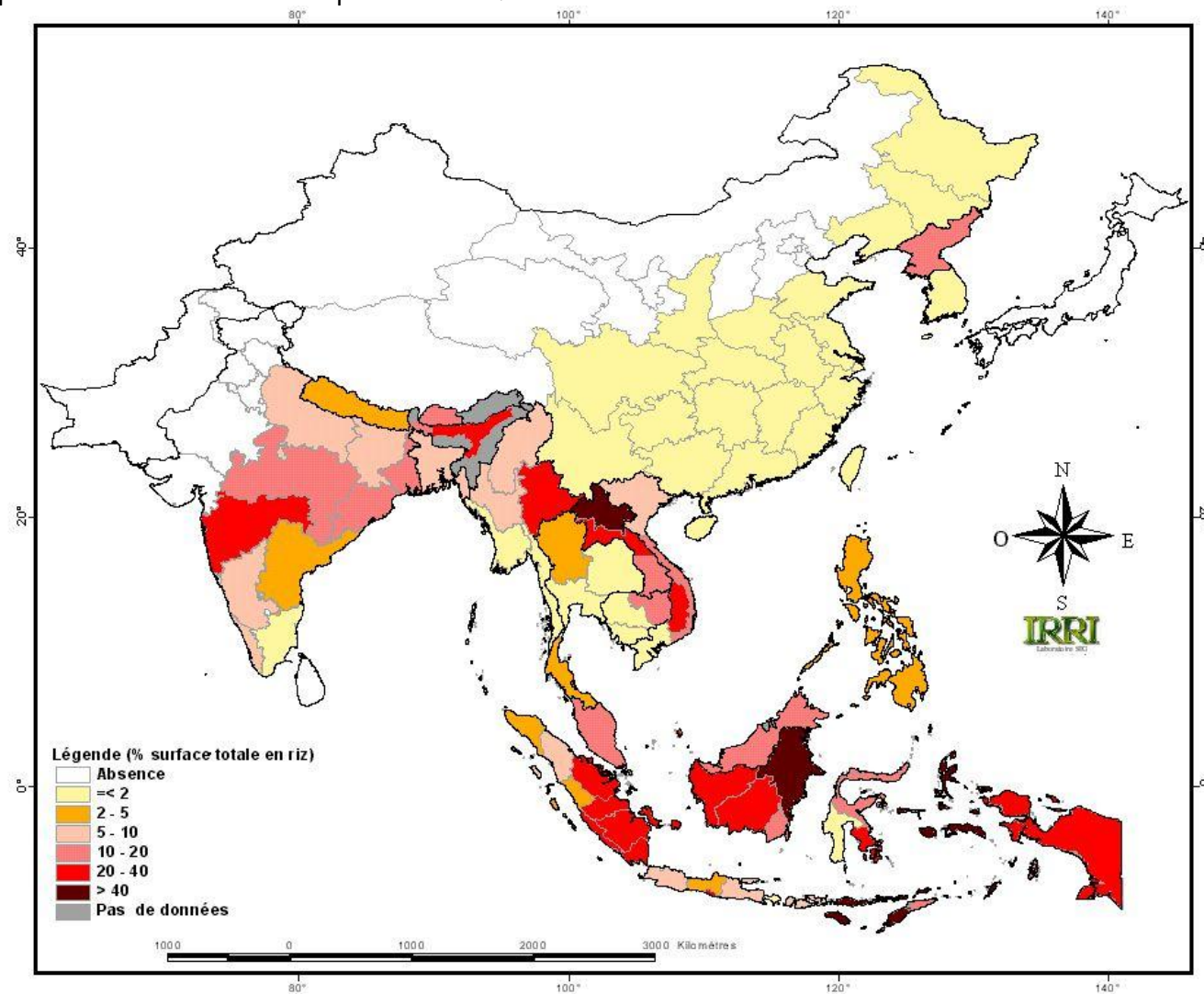
bénéficie pas au cours du cycle de la remontée à faible profondeur de la nappe phréatique au cours de la saison humide.

Environ 19 millions d'hectares de riz pluvial seraient cultivés chaque année à la surface du globe. Quelques 63% de ces surfaces seraient localisées en Asie, principalement en Inde orientale et au Bangladesh (plus de 6 millions d'ha de riz pluvial de type «Aus» à cycle court en milieu à courte saison des pluies). Mais du fait qu'en zones humides il est souvent cultivé en tête de rotation avant d'autres cultures, souvent après de longues jachères, les superficies concernées par cette production sont bien plus importantes que l'aire réellement ensemencée en riz pluvial chaque année.

La production annuelle de riz pluvial serait seulement voisine de 21 millions de tonnes de grain blanc, soit environ 4% de la production mondiale de cette céréale. Culture d'autosubsistance par excellence dans le contexte asiatique, le riz pluvial y est produit dans un agroécosystème physiquement très hétérogène et à la production agricole de plus en plus diversifiée. Cependant, en dehors de l'Inde orientale où il joue un rôle de premier plan, il demeure encore une production importante dans les toutes dernières régions enclavées, peu peuplées et peu intégrées aux marchés. Ici, sa culture selon les techniques de l'abattis - brûlis, avec longue jachère (souvent plus de 10 ans) permettant le contrôle des adventices et l'entretien de la fertilité chimique du sol, en fait une production durable. Il y constitue encore l'aliment de base de prédilection de quelques 100 millions de personnes résidant dans de telles régions reculées et enclavées. Elles font partie des aires les plus pauvres du continent, qui furent totalement «oubliées» durant la période de révolution verte rizicole. La carte 5 montre la distribution spatiale de cet agroécosystème, globalement relativement marginal en Asie de l'Est et du Sud-Est.

Les variétés de riz pluvial font en général partie du groupe des *japonicas tropicaux* caractérisés par leur grande taille, leurs lourdes panicules, leur faible tallage et un système racinaire très développé et profond les aidant à tolérer les périodes de sécheresse (Van Keer et Trébuil, 1998/A18). Elles peuvent aussi résister à la pyriculariose du riz, maladie la plus redoutée surtout dans les zones de production aux températures peu élevées, récupérer rapidement après un épisode de climat sec et tolérer la toxicité aluminique des sols acides ainsi que leur faible teneur en phosphore ou en fer. De nombreux facteurs limitants, intervenant de façon combinée sur la culture, expliquent la faible productivité physique (et du travail) moyenne du riz pluvial en Asie. Elle est généralement voisine de 1 à 1,5 t/ha de paddy, et a tendance à être plus faible en Asie du Sud (0,8 t/ha en Inde et au Bangladesh) qu'en Asie du Sud-Est (1,6 t/ha en Indonésie et au nord de la Thaïlande). Dans des champs paysans où les principaux facteurs limitants mentionnés ci-dessus étaient absents, des rendements de l'ordre de 4 à 5 t/ha de paddy ont pu être observés (Van Keer et Trébuil, 2000/A22). Les problèmes culturels les plus fréquemment rencontrés dans les parcelles paysannes de riz pluvial en Asie sont les suivants :

Carte 5. Répartition de la culture du riz pluvial en Asie.



- la compétition des adventices pour l'eau, la lumière et les nutriments durant les deux premiers mois de la culture (surtout en Asie du Sud-Est humide ; cf. Van Keer et Trébuil, 1999/A21),
- le risque élevé d'érosion des sols en zone humide et sur sols pentus durant les trois premiers mois du cycle cultural, notamment lorsqu'une préparation fine du sol avant semis suivie de deux à trois sarclages manuels sont pratiqués, soit sur une durée triple de celle observée dans le cas d'une culture de maïs, de soja ou de chou commun (Turkelboom et Trébuil, 1999 ; C32),
- le stress hydrique provoqué par des périodes de sécheresse de plus de dix jours (Cas de l'Inde orientale et du Bangladesh surtout),
- l'acidité des terres et leur faible disponibilité en phosphore assimilable (problème répandu en Indonésie),
- les dégâts occasionnés par les rongeurs (au nord du Laos), les oiseaux et la faune sauvage en général (cas de la région ouest de Sumatra),
- la pyriculariose foliaire et des panicules, ainsi que l'infestation des racines par différents nématodes ou larves d'insectes (cas du nord de la Thaïlande et du Laos),
- les basses températures, notamment à la floraison (comme au Népal et au Yunnan par exemple, où 90% du riz pluvial est cultivé entre 1000 et 1500 m d'altitude), etc.

L'intérêt pour cet écosystème s'est sensiblement accru durant les quinze dernières années, notamment à cause du fait qu'une pression démographique excédant les capacités de reproduction des systèmes d'exploitation traditionnels peut générer une dégradation du milieu, par déforestation et érosion du sol. On estime en effet à 263 millions d'individus la population vivant en Asie du Sud-Est sur les terres en pentes et aux sols acides, représentant à elle seule 36% du nombre de pauvres en milieu rural dans cette région. Plusieurs pays (Viêt-Nam, Laos, etc.) ont plus de 60% de leur superficie nationale classée en zone collinaire ou de montagne. Les effets hors site de tels phénomènes de dégradation des hautes terres pourraient, dans certaines situations particulières (bassins versants de barrages réservoirs par exemple) altérer le fonctionnement des zones rizicoles irriguées et intensivement cultivées situées en contrebas. Ces effets négatifs pourraient être la conséquence de la sédimentation accélérée dans les retenues, de la diminution des disponibilités en eau d'irrigation et de l'altération du fonctionnement des infrastructures des périmètres irrigués des plaines et deltas qui en résulteraient. Les craintes suscitées par un tel phénomène ont conduit à des conflits sociaux assez aigus en de nombreux endroits à propos de l'utilisation des terres à l'échelle des bassins versants en milieu de petite montagne (Thong-Ngam et Trébuil, 1997/A16). La perception négative de l'agriculture des hautes terres sur laquelle elles reposent a hélas été souvent alimentée par des résultats de recherche sur les pertes en

sol élevées observées sur de très petites parcelles expérimentales en station et conduites dans des conditions très éloignées de la réalité du champ paysan (Turlerboom et Trébuil, 1995/O21). Généralement, lors de ces conflits sociaux s'affrontent, en des termes très inégaux, gens des plaines représentant le plus souvent l'ethnie dominante et détentrice du pouvoir gouvernemental et groupes minoritaires des collines et de la petite montagne (Trébuil, 1993/A8).

L'importance de la culture du riz pluvial dans les systèmes de production tend à décroître quand la densité de population dépasse 25 à 30 hab/km<sup>2</sup>, obligeant alors à un raccourcissement de la durée des jachères qui ne permet alors plus la reconstitution du potentiel productif du milieu. C'est aussi le cas dès que l'ouverture à l'économie marchande introduit dans cet écosystème de nombreuses alternatives de production agricole marchande et des activités salariées hors exploitation, offrant une productivité du travail familial bien plus élevée. En fait on observe en Asie une grande diversité de situations agraires transitionnelles issues de l'agriculture manuelle basée sur l'abattis - brûlis. Ces transitions peuvent être brutales lorsque la pression démographique sur le milieu fait un bond à la suite de migrations transfrontalières, phénomènes fréquents dans ces zones périphériques souvent peuplées de minorités montagnardes. C'est aussi le cas lorsque la mise en défens des hauts de bassins versants par les autorités gouvernementales, pour des raisons de protection de l'environnement et dans l'intérêt des occupants des systèmes irrigués de plaine, rendent ces terres en jachères couvertes d'une jeune forêt secondaire inaccessibles à l'abattis - brûlis (Trébuil *et al.*, 2000/C35). Ces évolutions expliquent en grande partie les diminutions très rapides des surfaces en riz pluvial enregistrées ces deux dernières décennies dans certains pays d'Asie du Sud-Est comme la Thaïlande (diminution de plus de 90% entre 1980 et 1992) et les Philippines (réduction de plus de 50% entre 1976 et 1994). Cette tendance est aussi amorcée au Viêt-Nam (réduction de 20% des surfaces en riz pluvial entre 1987 et 1994) et, peut-être même, pour des raisons de politique agricole cette fois, en Birmanie et en R.D.P. lao.

Cette désaffection pour la culture du riz pluvial accompagne en Asie du Sud-Est humide la percée de productions aux valeurs commerciales plus élevées, pour lesquelles cet écosystème aux températures moyennes plus basses que celles des plaines dispose d'un avantage comparatif majeur et pour lesquelles la demande des consommateurs s'accroît rapidement avec l'urbanisation. Il en est ainsi des cultures maraîchères (chou commun, gingembre ou tomate au Nord de la Thaïlande par exemple) et de l'horticulture fruitière (litchi, jacquiers ou manguier au Nord de la Thaïlande, pêchers et pruniers au Nord du Viêt-Nam), ou encore de plantations de thé et de café (au Nord, au Sud et sur les hauts plateaux du centre Viêt-Nam ainsi qu'au Nord de la Thaïlande, d'hévéa (Sud de la Thaïlande, Sumatra, Sud de Mindanao et du Yunnan, hauts plateaux du centre Viêt-Nam) et de palmier à huile (Sumatra et Sud de la Thaïlande).

Le riz blanc consommé est alors acheté dans les plaines irriguées ou inondées voisines et sur les marchés locaux. A moins que le riz ne soit maintenant produit en casiers irrigués sur des terrasses aménagées le long des pentes où l'eau est disponible et circule par gravité. En dehors des traditionnels et très célèbres paysages montagnards sculptés de terrasses

rizicoles irriguées, des balinais, des Hani du sud de la Chine, des Hmongs de la région de Sapa au Nord du Viêt-Nam, ou encore des Ifugaos de la cordillère de Banaue sur l'île principale de Luzon aux Philippines, j'ai pu observer durant la dernière décennie la construction de nouvelles terrasses irriguées en de nombreux endroits de l'Asie du Sud-Est péninsulaire, du Nord de la Thaïlande, au Nord du Viêt-Nam en passant par le Yunnan (pour la culture de riz hybrides en altitude) et le Laos. Le passage du riz pluvial au riz irrigué d'altitude permet souvent un triplement du rendement obtenu par l'agriculteur au cours du cycle de saison humide, ainsi que la possibilité de produire une seconde culture après la mousson, comme un soja ou une culture maraîchère durant la saison fraîche dans le cas du Nord de la Thaïlande.

Dans le cas de la Thaïlande, terrain pionnier pour l'étude de cette importante transition de l'autosubsistance à la production commerciale sur les hautes terres, une étape intermédiaire de l'intégration au marché des petits agriculteurs est caractérisée par la production de cultures commerciales à plus faible consommation d'intrants et à risque économique réduit (faible fluctuation des prix) tels que le maïs et diverses légumineuses à graines. J'ai eu l'occasion de l'étudier en de nombreux endroits, au fur et à mesure du déplacement des fronts pionniers sur le territoire national (Trébuil *et al.*, 1997b/O24 ; Trébuil *et al.*, 1995/O19). Le rôle clef joué dans cette transition marchande par le changement de statut de la culture de maïs, déjà connue auparavant mais limitée à la consommation domestique et dorénavant surtout produite pour les usines d'alimentation animale, est je crois à souligner. A mon sens, il n'est pas exagéré de dire que dans le cas de la Thaïlande des années soixante dix et quatre vingt, suite à l'obtention des exceptionnelles variétés des lignées «Suwan» à haute productivité potentielle et résistance élevée aux maladies (Jinahyon et Sriwatanapongse, 1976), conjugué à l'accélération du processus de décollage économique par agro-industrialisation, la véritable révolution verte des systèmes à cultures annuelles sur les terres de terrasses et de piémonts défrichées sur la forêt fut avant tout maïsicole. Mes observations au Viêt-Nam et au Laos tendent à montrer qu'une évolution similaire est également en cours dans ces pays voisins qui pourrait également contribuer à y réduire encore la production de riz pluvial.

### **3.5. La riziculture à submersion profonde et des zones côtières**

Environ 13 millions d'hectares de rizières situées en zones basses de deltas, plaines alluviales ou le long de cordons littoraux (Trébuil, 1987 ; Trébuil et Hossain, 2000/A23) ou d'estuaires, sont soumis durant une partie seulement du cycle de la culture à une submersion annuelle profonde incontrôlée entre juin et novembre. Elle démarre environ 50 à 60 jours après la levée des plantules et dépasse ici une profondeur de 50 cm pendant au moins dix jours consécutifs. Par endroits, l'épaisseur de la lame d'eau peut atteindre cinq à six mètres au plus haut de la crue. La riziculture avec submersion profonde est principalement localisée en Asie du Sud (le long du Gange en Inde et du Brahmapoutre au Bangladesh) et du Sud-Est (le long des cours inférieurs du Maenam Chao Phraya au centre de la Thaïlande, du Mékong au Viêt-Nam et de l'Irrawady en Birmanie, autour du Tonle sap au Cambodge, ainsi que le long de certaines côtes des îles de Sumatra et de Bornéo). Il s'agit donc souvent de régions très

densément peuplées et l'on estime à environ 100 millions de personnes la population qui résiderait dans ce type de milieu (carte 6). Cet agroécosystème rizicole, globalement marginal, produit chaque année environ 16 millions de tonnes de paddy, soit environ seulement 3% de la production totale de riz.

L'unique cycle cultural annuel de riz est en général implanté par semis direct de grains de paddy non pré-germé après une préparation simplifiée du sol dans des parcelles non endiguées (pouvant atteindre plusieurs hectares) où, souvent, le passage du tracteur ou du motoculteur tractant une charrue à disques est facilité par l'absence de diguettes. Ailleurs, l'implantation du riz est effectuée par repiquage de plants généralement âgés (plus de trente jours), parfois dans une lame d'eau atteignant déjà plusieurs dizaines de centimètres. En de nombreux endroits d'Inde, du Bangladesh, de Birmanie et du Viêt-Nam, un second cycle cultural d'une large palette d'espèces à cycle court (légumineuses à graines, cultures maraîchères, blé ou orge, etc.) est établi à même le « mulch » pailleux laissé par le riz et se développe en exploitant l'humidité résiduelle du sol laissée après la submersion profonde de ces terres.

Classiquement, trois sous-écosystèmes sont aujourd'hui distingués :

- la riziculture à submersion profonde (« deepwater rice ») pour laquelle une lame d'eau de 50 à 150 cm d'épaisseur durant au moins un mois du cycle cultural est courante,
- les riz flottants (« floating rice ») rencontrés dans des zones où la submersion peut atteindre jusqu'à 5-6 mètres de profondeur au plus haut de la crue,
- les riz de zones côtières soumises au battement des marées (« tidal wetland rice ») pouvant tolérer de courtes périodes de submersion profonde, souvent dans une eau saumâtre. Ici la tolérance à la salinité fait partie des adaptations essentielles du matériel végétal cultivé.

La carte 6 présente la répartition géographique de cet agroécosystème, quasiment absent en Asie de l'Est et globalement peu répandu en Asie du Sud et du Sud-Est. Des variétés, photopériodiques, de grande taille et possédant généralement des propriétés de forte élongation de leurs entre-nœuds (elle peut communément dépasser 10 cm par jour chez les riz flottants et exceptionnellement 20 cm chez certains cultivars) sont ici cultivées, sauf en riziculture côtière où l'élongation est plus réduite afin d'éviter la verse précoce des plantes. Tandis qu'elles sont tolérantes au déficit hydrique en tout début de cycle cultural, ces variétés doivent aussi être capables de supporter une inondation totale des plantes de plusieurs jours (généralement trois à quatre jours, mais jusqu'à douze jours dans le cas des cultivars les plus adaptés à la submersion soudaine). Elles sont aussi adaptées à une maturation du grain dans une eau stagnante déposant ses sédiments sur le feuillage. En zones côtières, elles tolèrent les fluctuations quotidiennes du niveau de la lame d'eau et de son taux de salinité en fonction des marées. La culture recevant généralement une fertilisation minérale très réduite, dans les conditions bio-physiques décrites, les rendements moyens en

paddy obtenus, de l'ordre de 1,5 t/ha, sont très modestes, mais là encore très variables selon les stratégies et les pratiques adoptées par les agriculteurs.

De moins d'1 t/ha assez souvent, voire zéro lors des saisons à inondations soudaines et très profondes, ils peuvent monter jusqu'à 4 t/ha plus rarement lors des années au climat plus clément et dans les zones où la profondeur de la submersion demeure limitée. Le potentiel productif des riz flottants est inférieur et plafonne autour de 2,5 t/ha de paddy, tandis qu'ils produisent une quantité de biomasse végétative impressionnante. Des plantes de plus de six mètres de longueur ont ainsi pu être mesurées au centre de la Thaïlande.

Les principales contraintes subies par la culture et qui expliquent largement cette productivité physique généralement faible à la parcelle sont surtout dues aux caractéristiques défavorables des sols (acidité élevée, salinité, sols tourbeux ou sulfatés acides, toxicité ferreuse, ou déficiences en phosphore, en zinc) ainsi, bien sûr, qu'aux combinaisons imprévisibles de courtes périodes de sécheresse en début de cycle et de crues profondes soudaines à un stade plus avancé de la saison de culture.

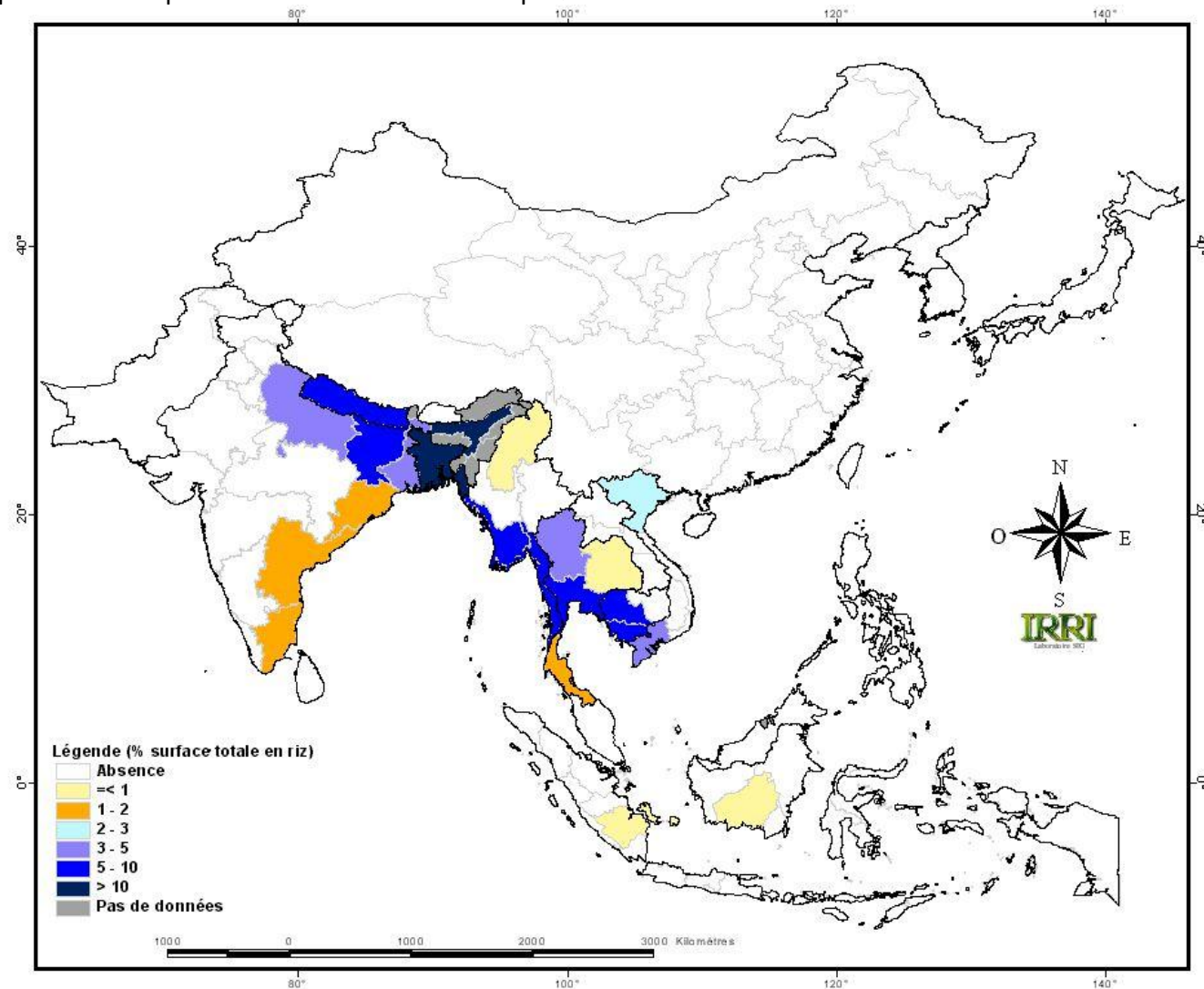
Environ 70% des zones classées en riziculture à submersion profonde font encore l'objet d'une exploitation traditionnelle caractérisée par la pénibilité du travail des exploitants dans ce milieu. Une diminution de l'importance de ce type d'écosystème rizicole est observée là où le contrôle des crues et les investissements privés pour le pompage en saison sèche permettent l'irrigation d'un cycle cultural plus productif, les zones profondément submergées demeurant alors en jachère durant la mousson humide.

C'est le cas au Bangladesh, pays rizicole le plus densément peuplé du monde (avec 900 hab/km<sup>2</sup>) qui a pendant longtemps été dépendant d'une riziculture d'eau profonde prédominante sur 40% de ses surfaces cultivées, stabilisées autour de 10 millions d'ha dont les trois quarts en riz, pour une superficie totale du pays de 14 millions d'ha. Elles ont été régulièrement soumises aux inondations dévastatrices, dont celle de 1998 qui aurait détruit l'équivalent d'une récolte de 2 millions de tonnes de riz. Si cette fois, à la différence d'une inondation similaire en 1974, aucune famine n'est apparue dans le pays, c'est principalement grâce à des initiatives, largement privées qui sont apparues durant les années quatre vingt à la faveur de la libéralisation des importations des matériaux nécessaires à la construction de puits tubés. Ces puits ont permis le développement d'une riziculture irriguée de saison sèche (appelée *boro* en Inde et au Bangladesh) à rendements en paddy élevés (5-6 t/ha en cycle *boro* contre 1,5-2 t/ha pour le riz à submersion profonde traditionnel) obtenus grâce à des variétés semi-naines précoces aujourd'hui cultivées sur 60% des surfaces rizicoles du pays<sup>15</sup>. La figure 14 montre que cette transformation de l'agroécosystème à submersion profonde en casiers irrigués a accéléré la dissémination des riz semi-nains dans le pays qui avait

---

<sup>15</sup> Au Bangladesh, les superficies en riz "boro" sont passées de 0,9 à 3,0 millions d'ha entre 1970 et 1997.

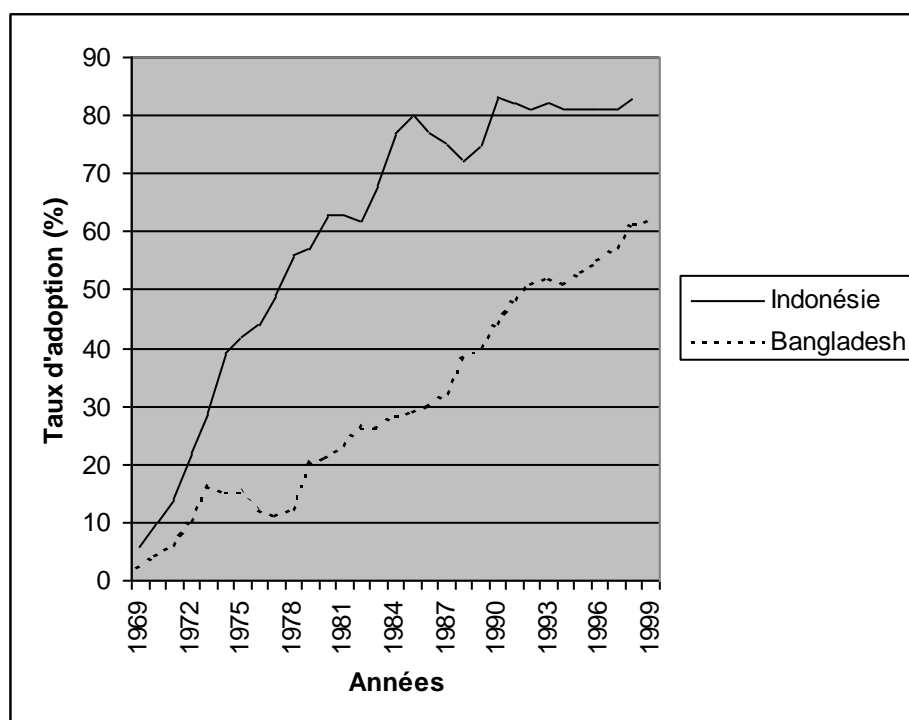
Carte 6. Répartition de la production de riz à submersion profonde et des zones côtières en Asie.





auparavant largement plafonné au cours de la décennie soixante dix, à la différence du cas indonésien largement dominé par la riziculture irriguée.

Figure 14. Rythmes d'adoption des variétés semi-naines de riz au Bangladesh et en Indonésie entre 1969 et 1999. (Taux d'adoption= pourcentage de la surface rizicole nationale récoltée emblavée avec des cultivars semi-nains).

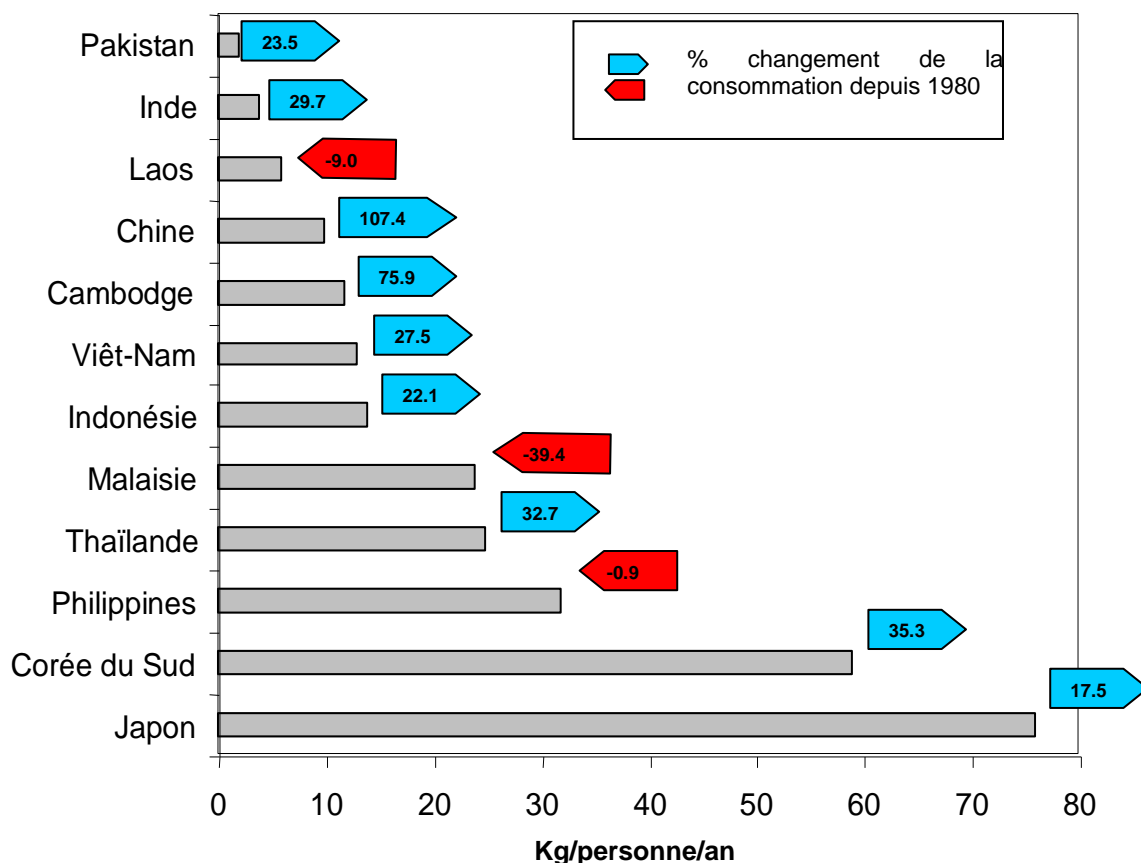


Source : Hossain, com. pers.

De même, au Sud du Viêt-Nam, particulièrement dans la Plaine de Joncs, la mise en culture réussie des sols sulfatés acides régulièrement inondés a permis leur conversion en rizières irriguées à double ou triple culture annuelle, par des riziculteurs migrants, sur des centaines de milliers d'hectares auparavant non ou peu productifs. Cette transformation impressionnante de l'écosystème repose notamment sur un système innovant de gestion de l'eau. Dès la première année de sa mise en pratique, les rendements en paddy obtenus d'une culture à l'autre s'élèvent rapidement jusqu'à 5 t/ha et par cycle.

Dans plusieurs pays, la production de poisson et de crevettes a aussi remplacé le riz d'eau profonde et des zones de mangroves. Les systèmes de petite production familiale durables dans cet agroécosystème doivent en effet associer d'autres cultures et activités aquacoles. Alors que les taux de prises en pêche artisanale côtière ont drastiquement chuté lors des trois dernières décennies et que le poisson et d'autres produits de la mer constituent le plus souvent la source de protéines préférée des populations, l'aquaculture doit prendre le relais afin de satisfaire des demandes locales et à l'exportation en augmentation (figure 15).

Figure 15. Consommation moyenne annuelle par habitant de poisson pour une sélection de pays asiatiques et son évolution depuis 1980. (kilogrammes/personne/an).



Source : Adapté de la F.E.E.R., 1997.

Ainsi au Sud et à l'Est de la Thaïlande, la conversion de ces zones à la pisciculture et à la « crevetticulture » est déjà très avancée depuis la fin des années quatre vingt, selon un modèle taiwanais à coût des investissements réduit. Tous les effets de cette conversion sont loin d'être positifs. Le risque de dégradation de la qualité de l'eau étant important, beaucoup des bassins d'élevage intensif ont une durée de vie réduite, tandis que l'augmentation de la salinité de l'eau qui s'ensuit peut affecter les zones rizicoles voisines. Selon le modèle du « vol d'oies sauvages », cette activité se déplace de pays en pays à la recherche des coûts de production les moins élevés. Une production aquacole du même type se répand ainsi le long du littoral indonésien, du delta du Mékong et même du Cambodge, au détriment de l'écosystème de mangrove aux fonctions écologiques multiples. Même si les prédictions à long terme sont encore très variables, le phénomène de réchauffement climatique global devrait encore accroître les problèmes environnementaux de ces régions côtières.

Compte-tenu de leurs caractéristiques originales très différenciées et du fait que ces différents agroécosystèmes majeurs ont été très différemment affectés durant les trois décennies de la révolution verte rizicole, les grandes problématiques que l'on y rencontre aujourd'hui ne se ressemblent guère et doivent être présentées séparément. Je propose donc ci-dessous mon analyse en profondeur pour chacune d'entre elles.

#### **4. Problématiques post-révolution verte par grand type d'agroécosystèmes : éléments de stratégie pour la recherche rizicole**

Le début de la période post-révolution verte coïncide avec l'adoption des variétés de type *indicas* semi-nains à haut potentiel de rendement sur une large majorité des surfaces cultivées en riz irrigué. Si dans les régions pionnières du mouvement de révolution verte (au Punjab en Inde, à Java ou au Centre de l'île de Luzon aux Philippines), cette étape est atteinte dès la fin des années soixante dix, de façon plus générale, j'en situe le début au milieu de la décennie quatre vingt.

En effet, l'impact positif des technologies de la révolution verte et des politiques incitatrices les accompagnant pour accroître la production et abaisser le prix réel du riz commença à s'éroder durant la seconde moitié des années quatre vingt (voir figure 11), alors que l'augmentation des rendements en riz se ralentissait (figure 10). Dans des pays clefs comme l'Inde, l'Indonésie ou les Philippines, le prix du riz a au contraire augmenté entre 1986 et 1996. Le cas de l'Indonésie, qui importait bon an mal an chaque année un million de tonnes de riz au tout début des années soixante, est exemplaire. Grand pays rizicole parvenu à l'autosuffisance nationale en riz en 1985 grâce à un programme rizicole gouvernemental volontariste centré sur l'île surpeuplée de Java (diffusion des variétés semi-naines et des techniques accompagnatrices, investissements majeurs dans les infrastructures d'irrigation, de stockage et de vulgarisation agricole, le crédit et la subvention des intrants, etc.), le voici redevenu importateur majeur à la fin de la décennie quatre vingt dix. Les causes de ces importations actuelles sont typiques de la période post-révolution verte :

- des marges de progrès des rendements en paddy, entre le potentiel climatique et les performances déjà atteintes, réduites et non économiquement exploitables,
- des investissements dans les infrastructures rurales et leur maintenance, ainsi que le soutien à la consommation d'intrants en réduction dans le contexte ambiant de libéralisation et de dérégulation des mécanismes économiques visant en priorité un accroissement des exportations,
- la diversification de la production agricole et l'exode rural,
- le tout attisé par une série de dérèglements climatiques récents notamment dus aux phénomènes d'el niño et de « la niña ».

Il me semble que, sans une politique rizicole renouvelée et de nouveaux investissements massifs en recherche-développement et dans les infrastructures agricoles, l'Indonésie ne pourra à nouveau redevenir auto-suffisante pour la principale céréale consommée dans cet immense archipel. Si la crise économique et politique actuelle de ce « poids lourd » de l'ASEAN devait encore s'approfondir et y conduire à un embrasement social, ce dernier aurait certainement un effet déstabilisateur important sur ses pays voisins en Asie du Sud-Est.

## 4.1 Problématique en riziculture irriguée

Les gains facilement accessibles ont déjà été engrangés durant les trois décennies précédentes. Ainsi, au milieu des années soixante, les riziculteurs philippins qui autour de l'IRRI récoltaient 2-2,5 t/ha de paddy dans leurs rizières, quand l'IR8 permettait d'atteindre un rendement de 6-7 t/ha en saison humide, réalisent aujourd'hui des performances approchant le potentiel de productivité du sol. A la fin des années quatre vingt, l'écart entre les rendements des paysans voisins de la station de recherche et le potentiel climatique permis était ainsi passé de quelques 4 t/ha de paddy au milieu des années soixante à seulement 1,2 t/ha. De nouvelles technologies et mesures incitatrices destinées à en favoriser l'usage devront dorénavant être mises en œuvre pour que l'Asie gagne à nouveau la course poursuite ininterrompue sur le continent entre l'offre et la demande pour cette céréale essentielle. Mais je pense que le modèle de développement économique dominant actuel favorisant la croissance industrielle et l'urbanisation en Asie rend la tâche difficile en affectant puissamment la disponibilité en terres, en travail et en intrants pour la riziculture.

### *Moins de terres disponibles pour le riz irrigué*

A partir de l'an 2000, la grande majorité de la croissance de la population en Asie va se produire en milieu urbain. Depuis des années déjà, les superficies en rizières irriguées les plus productives, souvent situées en périphérie de grandes métropoles au cœur de deltas et de plaines côtières, sont en diminution. Les superficies rizicoles sont ainsi en diminution en Chine, à Java, aux Philippines, en Thaïlande, ainsi que dans les Etats indiens du Punjab et du Tamil Nadu. Les casiers rizicoles y cèdent la place à d'autres productions agricoles marchandes, aux zones industrielles, routes, lotissements, parcs de loisirs, etc. Ainsi à Java 30.000 hectares de terres cultivées seraient soustraites à l'agriculture chaque année, soit une superficie suffisante pour nourrir 800.000 personnes. Les superficies rizicoles récoltées sur l'archipel philippin, déjà lui aussi très peuplé, sont ainsi passées de 3,7 à 3, 2 millions d'hectares entre 1978 et 1993, tandis qu'en Chine, pays qui compte 20% de la population mondiale mais qui dispose de seulement 7% des terres arables, elles diminuaient de 37 à 32 millions d'hectares durant la même période. Souvent les rizières sont converties, généralement de façon irréversible (polderisation, planches bombées et « billons chinois », etc.), en jardins maraîchers, en vergers, voire en pâturages ou en bassins pour l'aquaculture (poissons, mais aussi crevettes) tandis que les producteurs saisissent les opportunités fournies par le développement des marchés pour les fruits et légumes, la viande et les produits laitiers de plus en plus consommés par les classes urbaines moyennes et aisées en augmentation ou exportés. Ce type de diversification agricole dans les grandes plaines et deltas vers des productions à haute valeur commerciale est déjà largement avancé en Thaïlande centrale (Trébuil *et al.*, 1993/C16 ; Trébuil, 1996/O20) et est amorcé au Viêt-Nam, notamment dans le delta du Mékong où la part des rizières dans la surface agricole utile aurait décliné de 62 à 57% entre 1985 et 1995. Le phénomène pourrait même contribuer à une diminution des surplus rizicoles exportés dans ces deux pays. Au sud de Manille, autour du fameux « Gateway park », j'ai vu durant la dernière décennie les rizières céder la place aux « clean rooms » sans

poussières des usines de composants électroniques venues exploiter l'avantage compétitif d'une jeune main d'œuvre bon marché, adroite et anglophone. Aujourd'hui ces produits occupent le premier rang des exportations du pays, en valeur brute ou nette, et jouent les premiers rôles dans la course régionale à l'amélioration du niveau technologique des biens manufacturés. Leur fabrication emploie quelques 250.000 personnes.

Si l'index d'intensité de culture est déjà compris entre 2 et 3 en de nombreux endroits, une élévation de son niveau sera encore souvent requise pour faire face à la demande des prochaines décennies. Cela devrait entraîner une augmentation des volumes d'engrais de synthèse épandus en rizières et donc des risques de pollution des nappes phréatiques, des canaux et des cours d'eau. C'est en effet seulement dans cet écosystème que l'on peut ajouter un cycle rizicole au calendrier annuel, comme tente de le faire l'Indonésie avec le soutien du programme gouvernemental « 300 percent cropping intensity project ». Cependant, ces nouveaux gains de productivité devront être acquis avec moins de main d'œuvre alors que le développement économique transfèrera une partie de la force de travail agricole des champs vers les autres secteurs d'activités. Cela est même une nécessité dans les pays où les campagnes sont surpeuplées : en Chine par exemple 17 personnes vivent de la production d'un hectare cultivé, ce ratio est de 13 au Bangladesh, 11 au Viêt-Nam et est compris entre 8 et 10 en Inde, en Indonésie et aux Philippines. Avec seulement 2 à 4 personnes par hectare cultivé, seuls la Thaïlande, la Birmanie et le Cambodge disposent encore de ressources en terres à mettre en valeur. Dans les rares endroits où une extension significative de la riziculture irriguée semble encore être possible au moyen de l'aménagement de zones marécageuses, cette artificialisation de l'écosystème se heurte maintenant souvent au besoin de conservation d'aires naturelles protégées. Au total, en Asie, la diminution de la superficie en rizière par tête d'habitant devrait décroître encore plus vite que la disponibilité en terres arables pour lesquelles les projections prévoient une diminution de 0,15 ha/hab en 1990 à 0,09 ha/hab en 2025.

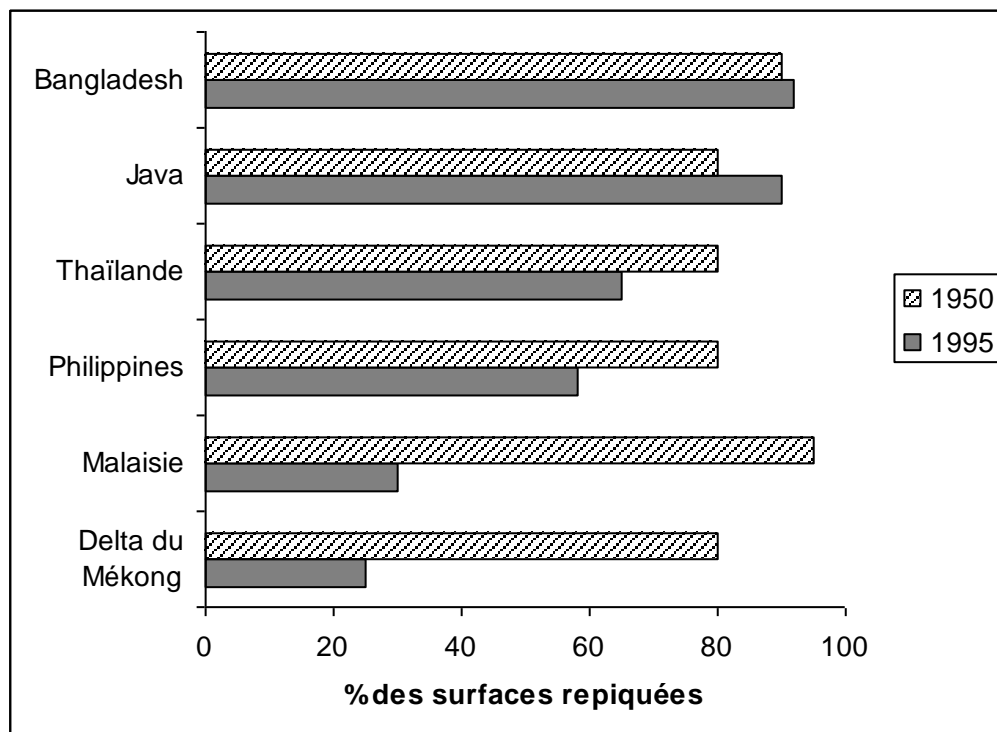
Alors que les superficies rizicoles irriguées d'Asie plafonnent et diminuent même dans certains pays, d'autres régions du monde disposent encore de terres aménageables pour la production de riz. C'est ainsi que la FAO estime à 20 millions d'ha les surfaces de bas-fonds disponibles en Afrique de l'ouest et du sud, tandis qu'une étendue équivalente pourrait être mise en production en Amérique latine. Mais pour cela, il faudrait que le prix du riz augmentent sérieusement à partir des cours les plus bas atteints actuellement pour que ces alternatives deviennent économiquement rentables.

### *Moins de bras en rizières irriguées*

Au fil du développement économique, le transfert graduel d'une part de la force de travail du secteur primaire vers les autres activités économiques est un phénomène classique qui fait monter les salaires agricoles ainsi que les coûts de production en agriculture quand la main d'œuvre se raréfie. Une accélération des changements de pratiques en riziculture irriguée pour maintenir les revenus des ménages en a découlé là où ce mécanisme a joué à plein au fil des dernières décennies de croissance économique rapide : passage de la pépinière

dépiquée et du repiquage au semis direct de graines pré-germées sur boue pour l'établissement de la culture, mécanisation des opérations de récolte d'abord, avec le battage et ensuite à la moissonneuse-batteuse, etc. (Trébuil 1997/O23). La figure 16 montre l'évolution des superficies repiquées chez une sélection de grandes régions ou pays rizicoles.

Figure 16. Evolution de la part des surfaces des rizières implantées par repiquage entre 1950 et 1995 pour une sélection de pays ou grandes régions rizicoles d'Asie.



Source : adapté de IRRI, 1999.

Le remplacement du repiquage par le semis direct des semences est très avancé dans les pays ou zones relativement peu peuplées et où les activités économiques se sont diversifiées. L'implantation du riz irrigué par semis permet de réaliser des économies de travail et de trésorerie importantes car il n'y a plus à réaliser de pépinières ni à les dépiquer pour le repiquage (opérations pouvant mobiliser 30 personnes par hectare, contre seulement une ou deux pour le semis direct en pré-germé sur boue). Le temps de préparation du sol de la rizière et d'implantation de la culture est aussi ramené de 25-30 jours à 7-10 jours. Si la culture est correctement conduite, le rendement en paddy récolté dans une rizière semée est similaire à celui obtenu après repiquage. Un semoir manuel à tambour tiré par un opérateur est actuellement en cours d'évaluation par l'IRRI et plusieurs SNRA. Il appuiera encore cette tendance au changement du mode d'implantation du riz irrigué tout en permettant l'implantation en lignes des graines et donc l'usage possible de la houe rotative pour le sarclage à la place des herbicides. De même, en réponse à cette évolution des techniques d'implantation de la culture, le nouveau matériel végétal pour la riziculture irriguée en cours de développement à l'IRRI (voir ci-dessous) est conçu pour une installation dans les casiers par semis direct et non plus par repiquage comme par le passé.

À l'heure où les moyens de déplacement ainsi que les médias pénètrent en force les maisonnières rurales les plus isolées et y font miroiter les opportunités d'emplois non agricoles, quel jeune asiatique voit-il encore son avenir en riziculteur, activité sous-rémunérée, épuisante et saisonnière? Cette sous-rémunération est en partie due au fait qu'une grande part des gains de productivité en riziculture ont surtout bénéficié aux consommateurs sous la forme de prix réels en constante diminution. En de nombreux endroits, les rizières des plus petites exploitations sont déjà entretenues par les femmes, les enfants et les personnes âgées, tandis que les hommes adultes et les jeunes de la maisonnée ont migré vers la ville où sont devenus des pluri-actifs combinant les tâches rizicoles avec des emplois dans l'industrie rurale. L'accroissement de l'âge moyen des riziculteurs et la dépopulation des zones les plus reculées sont des processus déjà bien avancés au Japon, en Corée du Sud et à Taiwan. La Malaisie, la Thaïlande et la Chine pourraient sous peu être affectés par ces mêmes phénomènes.

Le tableau 16 montre que l'évolution des salaires agricoles durant les dernières décennies a été très différente selon que le pays demeurait peu industrialisé, comme dans les cas du Bangladesh ou des Philippines, ou au contraire marginalisait son agriculture pour devenir une puissance industrielle comme la Corée du Sud ou le Japon. Si au début des années soixante, les niveaux de salaires agricoles variaient peu entre pays, en 1991 ils étaient respectivement 20 et 65 fois supérieurs en Corée du Sud et au Japon par rapport au Bangladesh et aux autres pays ayant aussi connu une croissance économique réduite durant ces trois décennies. Sur la période 1975-95, le salaire agricole réel s'est accru de 170% en Asie de l'Est et du Sud-Est, où la croissance économique annuelle dépassa 5% en moyenne, et de 50% en Asie du Sud où la croissance fut bien plus modérée.

Tableau 16. Evolution à long terme des salaires agricoles de quelques pays d'Asie. En \$US par jour.

Pays	1961	1971	1981	1991
Bangladesh	0,5	0,4	0,9	1,4
Philippines	1,4	0,6	1,5	2,2
Corée du Sud	0,8	1,9	10,8	32,6
Japon	1,2	8,2	24,2	51,9

Source : IRRI, World Rice Statistics, 1993-1994.

Depuis la fin des années quatre vingt et le « décollage » économique de plusieurs pays d'Asie du Sud-Est, le coût d'opportunité de la main d'œuvre s'élève avec sa raréfaction relative dans le secteur agricole. Dans ce contexte, les riziculteurs ne sont plus seulement à la recherche de technologies augmentant le rendement en riz, mais accordent de plus en plus d'importance à leurs effets sur la productivité du travail même dans les zones relativement peu peuplées où cette attitude était déjà courante (cas de la Thaïlande par exemple).

La récente croissance rapide des activités non agricoles dans les grandes villes et les agglomérations rurales a creusé le différentiel des rémunérations du travail entre la ville et la campagne, ainsi qu'entre le salaire agricole et non agricole dans les campagnes. Le défi qui en résulte consiste à trouver le moyen d'augmenter les revenus agricoles et ruraux afin de limiter la migration des travailleurs vers des cités dont les infrastructures et services ne peuvent souvent faire face à un tel afflux. L'expérience des pays asiatiques les plus industrialisés a montré que la mécanisation rizicole n'a pas suffi pour atteindre cet objectif et que le recours à la protection du marché interne favorisant la montée des prix intérieurs du riz japonais, coréen ou taiwanais a été nécessaire. Mais, dans le nouveau contexte de la mise en application des derniers accords du GATT sur la libéralisation des échanges commerciaux, c'est là une option quasiment hors de portée des grands pays producteurs de riz des tropiques humides.

La situation actuelle est pourtant particulièrement cruciale au Bangladesh où il est ainsi prévu que la capitale Dhaka, actuellement peuplée de 6,2 millions d'habitants (soit 5.050 hab/km<sup>2</sup>), devrait en abriter 19,5 millions en 2015, devenant ainsi la cinquième mégapole de la planète, mais aussi sans doute un « mega cauchemar » selon les termes du Pr. Muhammad Yunus, fondateur et directeur de la fameuse Grameen Bank. Pour relever un tel défi, les décideurs et les riziculteurs sont à la recherche de techniques culturales à la fois économes en travail et qui en augmentent la productivité. Le retour à la campagne et au travail agricole suite à la crise financière et économique de 1997 n'est pas toujours choisi. Même si en Indonésie, quelques 5,6 millions de personnes auraient fait ce choix entre février 1997 et février 1998, les campagnes de Java étant déjà saturées, ils s'activent surtout dans des lopins en zones péri-urbaines, souvent regagnés sur des terres promises à la construction. Fréquemment, malgré des conditions de vie difficiles face au chômage et à la montée des prix, l'attachement au milieu urbain est plus fort, sans parler de la perte de face et de l'abandon des projets éducatifs pour les enfants que représentent de tels retours au village. En Thaïlande, 12 à 18% de la population du grand Bangkok aurait malgré tout repris le chemin de la campagne, mais très souvent avec espoir d'un retour en ville dès le redémarrage de l'économie nationale. Comme nous le disait, mi-sarcastique, une paysanne du Nord du pays : « ils ne sont plus résistants au soleil et à la pluie dans les champs ! » où d'ailleurs peu de travail les attend.

Déjà traditionnellement important sur les exploitations asiatiques, le rôle des femmes dans leur gestion et l'exécution des tâches productives devrait encore s'amplifier, même si des efforts sont faits pour diminuer les disparités hommes - femmes en matière d'accès à l'éducation, à la santé et aux activités économiques. Ainsi, les résultats d'une enquête réalisée au nord-est de l'Inde ont montré que la contribution de la main d'œuvre féminine représentait 87% du travail total investi dans la production rizicole (IRRI 1997) et même plus dans le cas des exploitations de basse caste et à bas revenus. Les priorités et les méthodes de travail de la recherche et des services de vulgarisation agricole devront à l'avenir mieux tenir compte de cette évolution, notamment en s'attachant à réduire la pénibilité des travaux rizicoles. En général, faire de la riziculture une activité attractive pour les jeunes générations est un important défi auquel l'Asie sera de plus en plus confrontée. Si durant les décennies



précédentes de la révolution verte, la recherche rizicole pouvait se focaliser dans cet écosystème irrigué sur l'objectif d'augmentation des rendements et de la productivité du sol, durant la période post-révolution verte actuelle, elle doit aussi accorder une importance toute aussi grande à l'accroissement des productivités du travail (tout en diminuant sa pénibilité), ainsi qu'à l'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau agricole et des engrais tout en protégeant mieux l'environnement.

### *Moins d'eau pour irriguer*

Le riz irrigué cultivé de façon conventionnelle est un très important et inefficace utilisateur d'eau, surtout utile pour limiter la compétition des adventices. A l'heure actuelle, il faut environ deux à cinq mètres cubes d'eau (pertes comprises) pour produire un kilogramme de ce riz. Le développement des ressources en eau a joué un rôle clef dans l'augmentation de la production rizicole dans pratiquement tous les pays d'Asie où la terre est un facteur de production rare. Longtemps considérée comme une ressource abondante, l'eau d'irrigation a été utilisée en substitution aux surfaces manquantes pour faire face aux besoins alimentaires des populations au moyen de la double ou triple culture annuelle permise par les cultivars modernes précoces et non-photopériodiques. Mais ce ne pourra plus être le cas alors que la disponibilité en eau aurait diminué de 40 à 60% selon les pays entre 1955 et 1990.

Les volumes d'eau disponibles par habitant diminuant (tableau 17) et le développement économique réduisant la part allant à l'agriculture, la guerre de l'eau s'avive autour des intérêts conflictuels de ses divers usagers. Les politiques gouvernementales donnent actuellement la priorité à la production d'eau potable, pour les autres utilisations domestiques en milieu urbain, ou encore à l'activité industrielle et non plus pour son usage agricole. La part des disponibilités allant au secteur rizicole pourrait diminuer encore plus, alors qu'aujourd'hui on estime à 90% de l'eau agricole la part dirigée vers les rizières en Asie.

Tableau 17. Evolution des disponibilités et de la consommation en eau en Asie.

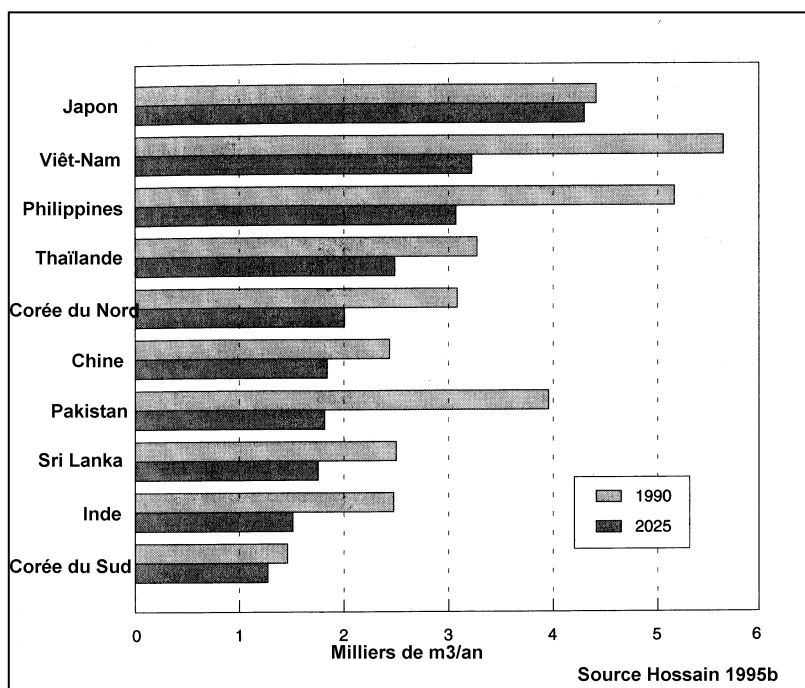
Année	1950	1960	1970	1980	1990	2000
Volume d'eau par tête d'habitant (milliers de mètres cubes)	9,6	7,9	6,1	5,1	-	3,3
Volume d'eau consommé (km <sup>3</sup> /an)	865	1.237	1.543	1.939	2.478	3.187

Source : adapté de Rosegrant, 1998.

Le tableau 17 montre qu'en Asie la quantité d'eau disponible par tête d'habitant aurait diminué de près des deux-tiers entre 1950 et l'an 2000, tandis que les volumes utilisés triplaient. De fait, la plupart des pays recevant l'essentiel de leur pluviométrie lors d'une mousson humide de quatre à six mois, si les calculs étaient effectués pour le reste de l'année, quand les besoins en eau d'irrigation sont les plus élevés, la plupart des pays asiatiques sembleraient devoir disposer de quantités d'eau insuffisantes par rapport à leurs besoins au cours des trente prochaines années. Actuellement, 31 pays sur la planète, totalisant une

population de 338 millions de personnes, présentent des disponibilités en eau insuffisantes et, d'ici 2025, ce nombre devrait s'élever à 48 pays peuplés de quelques trois milliards d'individus, dont la Chine et l'Inde. Ce chiffre pourrait passer à 55 pays en 2050. En effet, alors que la population continuera d'augmenter et de s'urbaniser et que la croissance économique se poursuivra, durant le prochain quart de siècle, la demande en eau devrait croître de 50% en Asie du Sud-Est ou en Inde et de 40% en Chine, contrées où environ la moitié des superficies irriguées sont des rizières. Il est donc prévu qu'en Asie le volume d'eau disponible par tête d'habitant diminuera encore de 40 à 60% dans la plupart des pays entre 1990 et 2020. La figure 17 montre que ce volume devrait passer sous la barre critique des 2.000 m<sup>3</sup>/hab à l'horizon 2025 dans des pays aussi importants que la Chine, l'Inde, le Pakistan ou le Sri Lanka alors que 3.000 m<sup>3</sup>/hab sont conventionnellement jugés nécessaires pour la poursuite normale de l'activité économique.

Figure 17. Changements prévus du volume d'eau disponible par tête d'habitant dans une sélection de pays asiatiques.



La plupart des gouvernements asiatiques doivent aujourd'hui prendre d'importantes décisions pour planifier l'attribution, la régulation et l'usage des ressources en eau face à la satisfaction prioritaire des besoins domestiques et industriels, au plafonnement de l'exploitation du potentiel d'irrigation économiquement viable et socialement acceptable, à l'expansion des risques de salinisation des terres côtières dus à la réduction du débit des fleuves en saison sèche, ainsi qu'à l'accroissement des coûts provoqués par les inondations et cyclones alors que les activités économiques s'étendent dans les zones de submersion profonde et côtières. Les phénomènes de dégradation des terres irriguées affectent des surfaces de plus en plus importantes, entraînant des pertes de production croissantes. Globalement, les superficies touchées seraient de l'ordre du million d'hectares pour les terres

engorgées et pourraient atteindre jusqu'à 30-40 millions d'hectares pour les surfaces en cours de salinisation. Dans plusieurs régions d'Asie du Sud à courte saison des pluies, une médiocre conception des systèmes d'irrigation s'est soldée par une élévation du niveau de la nappe phréatique de 20 à 30 mètres à seulement 1 à 2 mètres de la surface du sol, de plus en plus salin, en l'espace de deux décennies.

Bien que seulement environ 55% des rizières asiatiques soient aujourd'hui irriguées, peu d'options réalistes non encore mises en œuvre par le passé me semblent envisageables pour créer de nouvelles superficies irriguées à partir des rizières inondées à des coûts sociaux, économiques et environnementaux acceptables. Alors que les sites les plus favorables ont déjà été aménagés durant les décennies précédentes, les coûts de construction ou d'extension des infrastructures hydrauliques ont bondi. Selon une étude de l'IFPRI sur cinq pays (Inde, Sri Lanka, Indonésie, Thaïlande et Philippines) le coût en capital constant de l'aménagement d'un hectare irrigué aurait environ doublé entre le début (1966-69) et la fin (1986-88) de la révolution verte rizicole et serait passé, en moyenne, de moins de 2.200 à plus de 4.400 euros. Alors que le prix du riz continuait de baisser, les nouveaux ouvrages d'irrigation montrent des taux de rentabilité de plus en plus bas.

La baisse régulière du prix du riz, conjuguée à la montée du poids de la dette de nombreux pays, à la raréfaction des sites favorables augmentant le coût de l'hectare irrigué et à la montée des préoccupations environnementales a eu pour conséquence un ralentissement important des investissements publics dans les infrastructures d'irrigation au cours des deux dernières décennies. Sur la même période, nous observons que les prêts des principaux donateurs bilatéraux et multilatéraux soutenant ce type d'investissement étaient divisés par deux ou trois selon les régions, le coût estimé de l'hectare nouvellement irrigué dépassant se comptant souvent en milliers d'euros. Ainsi, par rapport au milieu des années soixante, le taux de croissance des surfaces irriguées en Asie avait déjà diminué de 72% à la fin des années quatre vingt. A cette époque, les prêts pour l'irrigation de quatre principaux donateurs dépassaient de peu la moitié seulement des sommes que ces agences allouaient une décennie plus tôt. Pour aider à augmenter l'offre en eau, les prêts des agences bi- et multilatérales se raréfient donc. De même, les ressources des budgets nationaux affectées à l'irrigation ont connu une évolution similaire durant les années quatre vingt (division par deux en Chine, par trois aux Philippines, etc.). En conséquence, le rythme d'expansion des superficies irriguées n'a pu que baisser, voire devenir négatif dans plusieurs pays. Seule l'Inde, en recourant de plus en plus aux ressources de son budget national (les subventions annuelles à l'irrigation y dépassant 1,3 milliards d'euros), est parvenue à se soustraire à cette évolution défavorable. Mais souvent les nouvelles superficies irriguées ne sont plus cultivées en riz, mais en cultures à valeur commerciale plus élevée. D'autre part, surtout en Asie du Sud, ces surfaces irriguées additionnelles dépendent plus souvent de pompages dans les nappes phréatiques, technique dont la durabilité est généralement mal connue, qui conduit à des abaissements rapides de leurs niveaux dans les régions à faible pluviométrie lorsque ces pratiques s'y répandent comme dans le cas du Punjab.

Les effets environnementaux négatifs (salinisation, mauvais drainage, production piscicole, qualité de l'eau des nappes souterraines, etc), ainsi que les problèmes de déplacements de populations qu'impliquent les grands aménagements hydrauliques sont devenus plus difficiles à gérer et doivent être plus soigneusement pris en compte. Ceci est largement illustré actuellement par les difficultés du programme de développement de la vallée de la Narmada en Inde occidentale. Cet ambitieux projet comprendrait pas moins de 30 barrages majeurs, 135 de taille moyenne et quelques 3000 de petite taille sur l'étendue de quatre Etats de l'Union indienne. L'ouvrage le plus important, le barrage Sardar Sarovar, est prévu pour fournir l'eau courante à 40 millions de personnes, produire 1.200 Mw d'énergie électrique et irriguer 1,8 millions d'ha. Mais les effets environnementaux et sur les populations locales d'un tel ouvrage sont à l'échelle de son gigantisme. Leur évaluation par une revue indépendante les estime à 37.000 ha de forêts et de terres cultivées ennoyées, à près de 100.000 personnes déplacées, en majorité des populations tribales pauvres, tandis que la construction des réseaux de distribution devrait en sus affecter 180.000 ha d'autres terres et les 140.000 personnes y demeurant, etc. Au terme de cet exercice, la Banque Mondiale a décidé de stopper son assistance financière au projet que le gouvernement indien poursuit au moyen de ses propres ressources. Une situation similaire existe depuis plusieurs années dans la partie méridionale du nord-est de la Thaïlande autour des nouveaux barrages de Pak Mun et de Rasi Salai qui n'ont pu tenir leurs promesses en termes de qualité de l'eau d'irrigation et de coexistence avec les activités de pêche des villageois.

Mêmes les coûts de gestion de ces ouvrages ne peuvent souvent plus être pris en charge par le secteur public et, en conséquence, l'état des infrastructures de nombreux périmètres irrigués se détériorent. Une analyse de 92 périmètres sur l'île principale de Luzon aux Philippines au tout début de la décennie quatre vingt dix concluait qu'un tiers d'entre eux montraient des tendances à la diminution des surfaces irriguées en saison humide et en saison sèche. L'introduction de nouveaux systèmes de gestion des périmètres, moins bureaucratiques et accordant un plus grand rôle aux associations d'usagers, est en cours ainsi que la mise en place de redevances hydrauliques aux montants évoluant avec le niveau de la demande. Mais la réhabilitation de nombreux périmètres n'est pas économiquement viable lorsque les coûts de construction et de remise en état s'envolent. En beaucoup d'endroits, les rizières irriguées ne bénéficieront plus d'un accès quasi illimité à l'eau pour la préparation des terres, l'implantation de la culture et le contrôle des adventices. Des voies d'amélioration de l'efficacité de l'utilisation de l'eau doivent donc être trouvées et ce tant au niveau de la plante, du casier élémentaire, que de l'exploitation agricole et du système irrigué régional.

Le plus souvent, je pense que l'offre en eau ne pourra être accrue qu'au moyen de projets de développement très sélectifs et de taille modeste. Dans ce domaine, l'ère des grands projets et périmètres irrigués des années soixante dix étant révolue, la priorité doit à mon avis aller être accordée aux technologies de la petite irrigation villageoise reposant sur les connaissances des riziculteurs (retenues collinaires, barrages de diversion, etc.), ainsi qu'aux investissements du secteur privé pour l'irrigation par pompage dans les nappes souterraines, comme cela a été réalisé avec succès au Bangladesh en Inde et au Pakistan. Ainsi, dans l'Etat pauvre du Bihar, environ 800.000 ha sont irrigués à partir de petites

retenues en terre capturant les excès d'eau de la mousson. De même au nord-est de la Thaïlande, des milliers de petits bassins de collecte et retenue de l'eau ont été creusés ces dix dernières années afin d'aider à écrêter les sécheresses temporaires et à diversifier la production agricole au-delà de la riziculture inondée (étangs piscicoles et cultures maraîchères et fruitières sur leurs levées).

Il n'en demeure pas moins qu'un défi important pour les années futures est constitué par la nécessité de réaliser de substantielles économies d'eau par rapports aux usages agricoles actuels, par des moyens techniques efficacement soutenus par de nouvelles politiques de gestion de cette ressource. Déjà, durant la révolution verte, les gains de précocité du matériel végétal cultivé accomplis, en ramenant d'environ 150 à une centaine de jours seulement la durée du cycle de la plante durant laquelle elle est irriguée, ont permis de diminuer la quantité d'eau nécessaire à sa culture durant la saison sèche, ainsi que les besoins en irrigation de complément dans les régions caractérisées par une courte saison humide. Mais de nouvelles pratiques économisant l'eau du casier au périmètre irrigué devront être trouvées et adoptées. Les combinaisons d'instruments à mettre en œuvre doivent être adaptés au niveau de développement économique de chaque pays et notamment à la capacité des ses institutions pour les mettre efficacement en œuvre. Ils devront aussi s'ajuster aux niveaux de rareté de la ressource en eau, de compétition entre types d'usagers et d'intensification agricole atteints. Un important potentiel d'économies existe puisque l'on estime à seulement 25-40% le taux d'efficacité de l'utilisation de l'eau dans les systèmes irrigués des pays en développement, même si souvent, une part de l'eau « perdue » est en fait réutilisée ailleurs. Ces économies d'eau en rizicultures seront indispensables pour permettre à ses usages industriels et domestiques de croître au fur et à mesure du développement économique et de l'urbanisation en Asie sans conflits sociaux majeurs avec le monde rural.

Un meilleur planage des casiers est par exemple une étape importante pour une implantation et une maturité régulière du peuplement de riz semé, ainsi que pour une lutte efficace contre les levées d'adventices. La lame d'eau inondant la rizière irriguée n'a en effet généralement que 2 à 7 centimètres de profondeur. Les nouvelles technologies de planage au moyen du guidage par rayon laser font maintenant leur entrée dans les rizières d'Asie du Sud-Est. D'autres sont en cours de mise au point afin de diminuer les pertes en eau par les fentes de rétraction du sol formées durant l'assèchement des casiers à la fin du cycle précédent. Un travail superficiel du sol durant la courte jachère séparant deux cycles permet aussi d'importantes économies d'eau (d'environ un tiers) et de temps de travail lors de la préparation du sol pour la culture suivante.

L'augmentation prévisible du prix de l'eau payé par le producteur devrait encourager l'usage de telles pratiques et limiter l'usage de l'eau en irrigation de complément sur la culture de riz de mousson humide, ainsi qu'inciter les riziculteurs à diversifier leur production par des cultures non-rizicoles à plus forte valeur commerciale et moins gourmandes en eau durant le cycle de saison sèche. Ces modifications d'assolements demanderont aussi des changements importants dans les modes de gestion et de répartition de l'eau au niveau des périmètres irrigués afin de permettre des régimes d'irrigation intermittents et bien calés d'un point de

vue climatique et vis-à-vis de la demande du marché. Une telle diversification, déjà observable par endroits, comporte aussi de nombreux avantages pour l'agriculteur (diminution des risques économiques et d'infestations de ravageurs ou de maladies), mais aussi pour le milieu (meilleures équilibres entre éléments de la solution du sol et meilleure fourniture des fertilisants aux plantes, moindres risques d'engorgement, de salinisation et de toxicités des sols, etc.).

En Chine, l'irrigation intermittente maintenant le sol saturé en eau mais non submergé, est testée par les organisations de riziculteurs afin d'économiser la précieuse ressource qui leur coûte dorénavant 5 à 10% du produit brut du casier irrigué. En parcelles expérimentales, cette technique a permis d'économiser près de 40% d'eau d'irrigation sans baisse significative du rendement en riz. Par rapport aux techniques traditionnelles de repiquage, nous avons vu que le semis direct de graines pré-germées sur boue est aujourd'hui de plus en plus pratiqué en milieu irrigué, notamment en Thaïlande, au Viêt-Nam et aux Philippines. Il permet d'économiser jusqu'à 25% du volume d'eau nécessaire à la conduite de la culture tout au long de son cycle. Mais, alliée à cette pratique ainsi qu'aux moindres disponibilités en eau et en travail pour les sarclages, la compétition des adventices risque je pense d'être accrue et avec elle la consommation d'herbicides. Après les précédentes décennies marquées par des (sur)consommations croissantes d'insecticides en rizières irriguées dans de nombreux pays, à l'heure de la lutte intégrée contre les ravageurs et les maladies de la culture, ce sont les herbicides qui voient leurs volumes de ventes s'accroître vertigineusement. Déjà les conséquences de leur mauvais usage sur la qualité de l'eau, les habitats piscicoles et la santé humaine font que la recherche doit dès maintenant renforcer ses travaux sur l'écologie des mauvaises herbes en rizières irriguées, afin de mettre au point de nouvelles pratiques de gestion intégrée et économes en eau pour le contrôle des adventices.

### *Consommer moins d'intrants d'origine industrielle*

Alors que les riziculteurs des régions très densément peuplées devraient encore chercher à accroître la productivité du sol dans l'écosystème irrigué intensivement cultivé, l'efficacité de la forte utilisation des engrais minéraux doit impérativement y être améliorée. Cela me semble indispensable de façon à préserver l'environnement d'une part (par rapport aux risques élevés de pollution par les nitrates des nappes phréatiques et d'eutrophisation des cours d'eau) et à augmenter, ou simplement préserver, la marge bénéficiaire du producteur. Ceci est rendu d'autant plus urgent que les gouvernements abaissent ou suppriment les subventions aux intrants agricoles qui en avaient largement favorisé l'utilisation durant les trois premières décennies de la révolution verte.

L'engrais minéral est en effet l'intrant le plus coûteux en riziculture irriguée. Mais en milieu irrigué, la très imparfaite synchronisation entre la demande en azote du peuplement de riz et les apports d'engrais se traduit en effet par la perte de 50 à 70% des unités fertilisantes apportées. Les zones rizicoles à très haute productivité physique du sol approchant les potentiels de rendements permis par le climat entrent dorénavant dans une phase de nécessaire augmentation de l'efficacité des intrants appliqués. Il s'agit d'une

rupture par rapport au passé, où il s'agissait surtout de promouvoir leur utilisation en quantités accrues. Ainsi, aux niveaux actuels d'efficacité de l'utilisation par la plante de l'azote épandu, une nouvelle augmentation de 25% du rendement du riz irrigué, actuellement visée par un projet de l'IRRI (voir ci-dessous) impliquerait un doublement de la quantité de cet élément fertilisant majeur épandue en rizière, soit plus de 400 kg/ha d'engrais azoté. Il s'agit là d'un scénario tout à fait indéfendable par rapport au souci de préservation de l'environnement et plus particulièrement de la qualité de l'eau, sans entrer dans des calculs économiques coûts - bénéfices aux résultats sans doute peu encourageants dans le contexte dominant de libéralisation des échanges. Face à cette situation, les récents progrès accomplis en matière de pilotage de la fertilisation azotée au plus près des besoins de la plante sont encourageants. Ainsi, le fractionnement des applications guidé par la couleur du feuillage comparée à une planchette proposant une gamme de verts (qui doit être proprement étalonnée), permet d'accroître l'efficacité de l'utilisation de l'engrais minéral appliqué de 15 à 25 kg de riz paddy par kilogramme d'azote et de diminuer ainsi les risques de pollution des nappes souterraines par les nitrates.

Dans le domaine de la protection de la culture, la très importante base de données sur les pertes de rendements dues aux maladies et ravageurs du riz récemment élaborée à l'IRRI montre que celles-ci peuvent atteindre jusqu'à 4,3 t/ha, soit plus de 80% de la production de la parcelle. En 1988 déjà, plus d'un milliard d'euros étaient consacrés par les riziculteurs au seul achat d'insecticides, pulvérisés de 4 à 8 fois sur leurs rizières au cours d'un cycle. C'est plus que pour n'importe quelle autre culture, tandis que les achats de fongicides approchaient les 660 millions d'euros. Au début des années quatre vingt dix, plus du quart des pesticides consommés dans le monde l'ont été en Asie, où 40% d'entre eux ont trouvé le chemin des rizières. En 1992, la valeur marchande de l'ensemble des pesticides appliqués sur le riz, y compris les herbicides dont l'emploi se répand rapidement, était estimée à plus de 3 milliards d'euros. Parallèlement, plusieurs études réalisées ces quinze dernières années ont montré, ici aussi, la faible efficacité écologique et économique, voire la nocivité, de l'application des pesticides en rizière.

Ainsi au moyen de travaux d'enquêtes interdisciplinaires, les ravages de la surconsommation de pesticides sur l'environnement et la santé des riziculteurs ont été récemment documentés dans le cas des Philippines. Les effets négatifs sur la santé des riziculteurs qui ont été quantifiés (doublement du risque de maladies pulmonaires, de la peau, de la vue et des anémies) ont été jugés plus sérieux que ceux constatés sur l'environnement (pertes de biodiversité, dont des sous-produits de la rizière et contamination des nappes). Leurs coûts financiers calculés (frais de santé et d'arrêts de travail) étaient supérieurs aux bénéfices escomptés au moyen des effets de ces traitements chimiques sur la production de paddy. Plus de la moitié des riziculteurs pulvérisant des insecticides utilisaient encore, le plus souvent sans protection adéquate de l'opérateur et de sa famille, le très redouté monocrotophos, une substance très toxique de la catégorie I toujours largement disponible en Asie durant les années quatre vingt dix. En montrant que les coûts de ces pesticides surpassent généralement les augmentations de marges bénéficiaires que leur usage engendre, ces travaux ont mis en évidence le mauvais usage généralisé de ces substances dans la

production rizicole asiatique. Très souvent, les agriculteurs déclenchent ces traitements chimiques suite à l'observation de faibles populations de ravageurs ne devant pas occasionner de pertes de récolte significatives. Dans le cas de la Chine, il a même été observé que l'adoption de variétés résistantes aux ravageurs ne diminuait pas l'usage des pesticides !

Dans certains pays, dont l'Indonésie depuis les années quatre vingt, la mise en place de politiques agricoles adoptant le concept de lutte intégrée pour la protection des cultures, promu par la FAO, tend à limiter l'usage des molécules de pesticides les plus toxiques. Les divers programmes relevant de cette appellation ont tous en commun la formation des agriculteurs à la compréhension des mécanismes du contrôle des ravageurs, de leur biologie et de l'écologie des agroécosystèmes afin d'augmenter l'efficacité de leurs pratiques de lutte et d'en minimiser les effets négatifs sur l'homme et son environnement. Mais si la compréhension des phénomènes en jeu progresse au niveau de la recherche, la distillation et la communication de ces connaissances auprès des riziculteurs pour qu'ils les utilisent efficacement dans leurs champs est un défi continu. Ainsi, on estime que les principes de la lutte intégrée contre les ravageurs et les maladies n'étaient encore appliqués que sur tout au plus 5% des rizières asiatiques au début de la dernière décennie. Mais il s'agit maintenant de mettre au point et de répandre sans tarder des méthodes similaires pour le contrôle des adventices afin d'éviter une expérience coûteuse identique dans le cas de l'usage des herbicides. leur consommation croît de manière vertigineuse, dopée par l'abandon du repiquage, l'élévation du coût de la force de travail ainsi que celui de l'eau, dans la course à la maîtrise des coûts de production et à la compétitivité économique de la production rizicole.

#### *Plus de compétition internationale et déplacement des avantages comparatifs*

Face à un marché international du riz étroit, par rapport aux besoins des géants économiques que sont la Chine, l'Inde, l'Indonésie, et volatile, notamment à cause des accidents climatiques fréquents, la plupart des pays asiatiques, pauvres ou riches, ont historiquement adopté une stratégie de sécurité alimentaire similaire basée sur la production nationale de la majeure partie, voire de la totalité, de leurs besoins. Le plus souvent, ces stratégies comportaient un monopole du secteur public sur le commerce extérieur du riz et la gestion de stocks afin d'amortir les fluctuations de prix trop marquées, socialement et donc politiquement inacceptables autant pour les petits producteurs (si mouvement à la baisse), que pour les classes laborieuses urbaines (en cas de hausse brutale). La récente expérience indonésienne montre que ces politiques de stabilisation peuvent permettre d'amortir des crises sociales et alimentaires majeures. Alors que le taux de change de la monnaie nationale dégringolait de 2.500 à 15.000 rupiahs pour un dollar US en quelques mois, l'augmentation du prix interne du riz y fut bien plus modérée et moins abrupte, passant au marché Cipinang de Jakarta de 0,23 à 0,58 \$/kg sur une période de deux ans. Cela n'empêche toutefois pas l'UNICEF<sup>16</sup> d'estimer que la moitié des enfants indonésiens de moins de deux ans souffriraient de malnutrition. Si avant la crise économique de 1997 certains pays envisageaient de se procurer leur riz chez les

---

<sup>16</sup> UNICEF : Agence des nations unies pour l'aide à l'enfance.



voisins disposant de meilleurs avantages comparatifs pour cette production, il n'en est plus de même aujourd'hui. Le coût politique d'une sécurité alimentaire dégradée est tellement élevé, qu'aucun leader ne semble prêt aujourd'hui à courir un tel risque. Ainsi, si la Chine désirait se procurer sur le marché international 10% de sa consommation nationale, cette décision pourrait entraîner un bond de 80% de la demande en riz et de son prix !

Des décennies de protection de leur secteur rizicole ont créé des situations économiques très contrastées entre pays producteurs comme le montre le tableau 18. Ainsi, à la fin des années quatre vingt, il coûtait 17 fois plus cher au riziculteur japonais pour produire une unité de paddy par rapport à ses homologues thaï ou vietnamien et dix fois plus que chez les grands agriculteurs australiens ou des USA.

Tableau 18. Coûts de production et prix à la ferme du riz non décortiqué dans certains grands pays producteurs en 1987-1989.

Pays	Coût de production (\$US/tonne)	Prix à la ferme du riz paddy (\$US/tonne)	Rendement en riz paddy (tonne/hectare)	Part du travail dans le coût de production (%)
Japon	1.987	1.730	6,5	28
Corée du Sud	939	957	6,6	17
Etats-Unis	195	167	6,3	5
Bangladesh	138	180	2,7	32
Thaïlande	120	141	1,8	35
Viêt-Nam	100	130	4,6	17

Source : adapté de IRRI 1995b.

Les coûts de production élevés sur de minuscules exploitations familiales dans les pays riches ou à revenus intermédiaires d'Asie aux salaires plus élevés les empêchent d'accepter une concurrence transparente avec les pays pauvres du continent où les salaires et le coût d'opportunité de l'abondante force de travail sont bas, ainsi qu'avec les géants agricoles du monde industrialisé bénéficiant de très importantes économies d'échelles sur leurs vastes exploitations. Mais les nouvelles règles du commerce international dictées par les résultats de l' « Uruguay round » de l'Accord général sur les droits de douane et le commerce (GATT) pourraient venir mettre à mal ces économies rizicoles protégées derrière leurs barrières douanières et tenter de forcer leur ouverture au riz importé à moindre prix. Une telle évolution remettrait ainsi en question des stratégies gouvernementales de sécurité alimentaire parfois séculaires et a, je pense, peu de chance de se produire. L'avantage comparatif pour la production rizicole passerait alors chez les pays à bas niveaux de revenus comme le Viêt-Nam. Mais les gouvernements concernés offriront sans nul doute tous les types de résistances associés à des cultures nationales où le riz est un mode de vie et la stabilité de son prix intérieur un impératif politique et social. Dans ce contexte, je pense que leurs pratiques passées d'intervention sur les échanges et de faible dépendance vis-à-vis du marché international devraient perdurer dans le futur. Il est cependant possible que dans ces pays l'on assiste, progressivement, à une certaine réforme structurelle du secteur rizicole

par laquelle les plus petites exploitations disparaîtraient laissant place à des unités de production de taille moyenne plus à même de résister à la compétition internationale. Un tel mouvement sera cependant freiné par les prix, généralement très élevés, de la terre pratiqués en Asie qui tendent à inhiber l'établissement d'un actif marché de la terre.

Alors que sur le continent asiatique seuls la Birmanie et le Cambodge devraient pouvoir augmenter leurs exportations, tandis que celles de la Thaïlande et du Viêt-Nam pourraient diminuer à l'avenir, il n'est pas totalement exclu qu'une partie de l'approvisionnement en riz du continent asiatique puisse provenir dans le futur d'Afrique et d'Amérique latine. En Afrique de l'ouest et du sud, quelques 20 millions d'hectares, dont seulement 15 % sont exploités actuellement, pourraient être cultivés en riz de bas-fonds, tandis qu'en Amérique latine tropicale, la riziculture pourrait être étendue sur une superficie équivalente. Cependant, l'exploitation de ce potentiel est soumise à une élévation substantielle des cours du riz depuis ses très bas niveaux actuels, ainsi qu'à la capacité des pays concernés à investir dans les infrastructures physiques et commerciales nécessaires. D'autre part, la demande en riz continuera aussi d'augmenter sur ces continents, amoindrissant d'autant la fraction exportable vers l'Asie.

Les riziculteurs des pays les plus pauvres pourront-ils bénéficier des nouveaux marchés en y exportant leurs surplus, alors qu'ils devront, comme dans le cas du Viêt-Nam ou de l'Inde orientale, affronter les besoins croissants de leurs propres populations en croissance rapide? A l'évidence, la transition vers la libéralisation du marché, si elle doit s'imposer, devra être très prudemment négociée, tout particulièrement dans les pays les plus pauvres, afin que la sécurité alimentaire des segments les plus vulnérables de la population ne soit pas mise en danger.

D'une façon générale, nourrir les multitudes urbaines signifiera encore dépendre largement des quelques très importants « bols de riz » asiatiques situés dans les grands deltas aménagés et les vastes plaines irriguées. Mais en bien des endroits, ces zones à très haute productivité, dans les conditions de températures et d'ensoleillement des tropiques humides d'Asie, approchent les maxima autorisés par le matériel végétal et les techniques de production disponibles à ce jour. De nouvelles technologies, associées à des politiques agricoles appropriées, y sont nécessaires pour tenter d'y augmenter encore la productivité du sol et surtout l'efficacité de l'utilisation des intrants chimiques. Dans le contexte de globalisation agricole et d'intégration plus poussée des producteurs au marché, les critères de gestion économique des exploitations agricoles ont dorénavant de plus en plus trait à l'augmentation de la rémunération du travail et des retours sur investissements en intrants disponibles en quantités limitées. Certains producteurs iront jusqu'à abandonner la riziculture pour d'autres productions plus lucratives voire pour un usage non agricole de leurs terres, ce qui se traduira par des baisses locales de la production de riz. Dans certains pays, comme la Thaïlande, un tel mouvement pourrait être si fortement ressenti que l'avantage comparatif pour la production rizicole passerait de l'agroécosystème irrigué du delta central à l'inondé du nord-est du royaume.

## 4.2 Problématiques des agroécosystèmes rizicoles non irrigués

Entre la fin des années 70 et le début de la décennie 90, les écosystèmes rizicoles pluviaux et à submersion profonde ont vu leurs surfaces décliner de quelques 4,2 millions d'hectares. Leur marginalisation s'accroît donc par rapport aux écosystèmes irrigués et inondés beaucoup plus cruciaux. Après avoir brièvement rappelé les principales dynamiques en cours dans ces deux agroécosystèmes en contraction, je m'attarderai plus longuement sur le cas de la riziculture inondée.

### *Cas de la riziculture à submersion profonde et des zones côtières*

Des transformations radicales du milieu sont à l'œuvre en de nombreux endroits. Elles permettent en général :

- soit de passer à la riziculture irriguée plus productive et rémunératrice (cf. exemples du riz *boro* de saison sèche au Bangladesh, ou de l'utilisation du fonctionnement hydrologique des zones côtières au Bangladesh et au Viêt-Nam afin de capturer l'eau nécessaire à un cycle court et irrigué de saison sèche, ou encore du drainage des zones basses du delta du Chao Phraya au centre de la Thaïlande),
- soit une diversification de la production agricole, principalement au moyen de l'aquaculture dont la valeur commerciale élevée des produits est très attirante afin d'améliorer le niveau de vie des populations extrêmement pauvres habitant ces régions qui ne sauraient demeurer dépendantes du type de riziculture traditionnel à haut risque climatique.

Dans ces conditions, je pense que cet agroécosystème ne fournira le plus souvent à l'avenir qu'une production rizicole de subsistance et ne pourra pas significativement aider à produire les importants surplus nécessaires pour nourrir les villes. Reconnaisant cette évolution ainsi que ce potentiel limité, tout comme la similarité croissante des thèmes de recherche abordés (semis direct en sec, tolérance à la submersion, etc.), l'IRRI a récemment décidé d'intégrer ses activités sur la riziculture à submersion profonde et des zones côtières dans son programme « riziculture inondée », qui se trouve à nouveau renforcé.

### *Problématiques actuelles des rizicultures pluviales en Asie*

Culture d'autosubsistance par excellence dans le contexte asiatique, le déclin rapide de la riziculture pluviale en zones collinaires et de petite montagne en Asie du Sud-Est est très fortement corrélé à l'intégration de l'agriculture locale dans l'économie de marché. La fin de l'autosubsistance y a déjà sonné et le nouveau rôle du riz pluvial dans ce mouvement de diversification marchande ainsi que des activités économiques sera bien plus limité que par le passé. La fragilité écologique de cet agroécosystème pluvial en Asie du Sud-Est plaide aussi pour une production commerciale intensive, diversifiée, en petites surfaces cultivées afin de réduire les risques d'érosion des sols et d'augmenter les revenus des agriculteurs. Durant les

dernières décennies, la complexité, la diversité et les performances (en matière de productivité du sol comme de durabilité du système d'exploitation) de la riziculture pluviale traditionnelle sur abattis-brûlis a été je crois insuffisamment comprise par la recherche (Van Keer et Trébuil, 1998/A18). En conséquence, les innovations qu'elle a pu proposer, aussi bien en termes de matériel végétal que de modes de conduite de la culture, ont généralement été des échecs cuisants et souvent fort coûteux ! (Turkelboom et Trébuil, 1995). Là où une agriculture de plantation prend le dessus (comme dans le cas de l'hévéaculture en petites plantations familiales au Yunnan, au Viêt-Nam, ou à Sumatra), le riz pluvial peut constituer une culture intercalaire intéressante durant les deux ou trois premières années d'installation de la culture pérenne, ainsi que lors de la replantation, si d'autres cultures annuelles plus attrayantes ne sont pas possibles (ananas, etc.).

Une telle évolution de la riziculture pluviale n'a pas encore atteint la principale zone de production située en Asie du Sud, notamment en Inde orientale. Ici, des recherches spécifiques pour l'amélioration de la productivité du riz pluvial de type « Aus » à cycle court (tolérance à la sécheresse, rotations ou associations avec des cultures de légumineuses à graines, etc.) sont beaucoup plus faciles à justifier dans cette vaste « poche de pauvreté » très peuplée. Mais, à nouveau, cet agroécosystème à riz pluvial ne fournira dans le futur proche qu'une production rizicole de subsistance et ne pourra donc contribuer significativement à approvisionner les marchés urbains.

Dans le cas de ces deux agroécosystèmes rizicoles relativement marginaux, j'observe des transformations agro-économiques profondes, de nature très voisines, même si elles reposent sur des systèmes techniques différents, qui tendent à valoriser leurs avantages spécifiques respectifs : le climat frais de petite montagne pour la production horticole dans un cas et l'abondance de la ressource en eau dans l'autre. Je pense aussi que ces évolutions ont, antérieurement, également été vécues par la plupart des rizicultures irriguées situées dans les régions non surpeuplées. Ainsi, nous assistons d'une part au développement d'une production agricole commerciale, diversifiée, au fur et à mesure de l'intégration plus ou moins poussée de ces zones à l'économie de marché. Et cette transformation se traduit sur les exploitations agricoles familiales par la mise en place de systèmes d'activités plus variés et plus complexes, dans lesquels le travail salarié (sur place ou par migration temporaire), y compris dans le secteur non agricole, peut jouer un rôle clef pour la survie économique des unités de production (Trébuil *et al.*, 1997/O24).

Le développement économique génère des classes moyennes et aisées, surtout urbaines, dont les modes de consommation alimentaires changent, évoluant vers un meilleur équilibre des rations alimentaires et une diversification des aliments consommés marquée par une plus grande consommation de protéines animales, de fruits et de légumes au détriment du grain de base. C'est ce puissant mouvement, déjà parcouru par des pays comme le Japon, la Corée du Sud et Taiwan tandis qu'il est en cours en Malaisie, en Thaïlande et dans les provinces côtières de la Chine, qui favorise l'intégration au marché des nombreux systèmes de production rizicoles des pays à revenus intermédiaires et élevés. Parti principalement d'Asie

extrême-orientale et du Sud-Est, le phénomène émerge aussi dans certaines contrées d'Asie du Sud. Dans quelle mesure l'agroécosystème à riziculture inondée y contribue-t-il ?

### *Cas de la riziculture inondée*

C'est, je pense, dans cet écosystème que réside le plus important réservoir potentiel d'accroissement de la production dont une partie pourrait aider à nourrir les villes. Ainsi, au Cambodge, on estime qu'environ 3 millions d'ha pourraient être cultivés en rizières inondées dont seulement 1,7 millions d'hectares le sont déjà. Il en résulterait un accroissement de la production d'au moins 2 millions de tonnes permettant au pays d'asseoir son autosuffisance nationale en riz et d'accroître le volume de ses exportations pour, enfin, dépasser voire doubler ses performances des années soixante. A cette époque, bon an mal an, le royaume khmer exportait un demi-million de tonnes de riz blanc. Un scénario similaire pourrait se dérouler en Birmanie qui, sous réserve d'une politique agricole plus incitative et de profondes réformes économiques, conduirait à un surplus exportable d'environ 2 millions de tonnes de riz. Dans le cas de ces deux pays, d'importants investissements publics dans les infrastructures rurales seront nécessaires afin de réaliser ces potentiels.

Dans cet écosystème dépendant des caprices de la mousson humide, les rendements unitaires demeureront peu élevés. Si de modestes gains de productivité du sol sont possibles, la priorité va je crois à la recherche d'une réduction de la variabilité interannuelle des rendements afin de limiter les risques d'échec de la culture et renforcer ainsi l'efficacité des multiples tactiques et stratégies anti-risques déjà mises en œuvre par les riziculteurs en milieu inondé. Face aux résultats très limités obtenus par le passé en matière de création d'un matériel végétal adapté au milieu inondé, soumis à l'alternance de courtes sécheresses et de submersions brutales, des améliorations plus significatives pourraient provenir de l'usage combiné des outils biotechnologiques, de la sélection classique et de la physiologie végétale. Mais de telles avancées demeurent incertaines et ne pourront sans doute pas avoir d'impact significatif au champ durant les deux prochaines décennies.

Dans l'attente de telles percées à long terme, dans les années à venir l'amélioration des systèmes de culture à riz inondé reposera à la fois sur des progrès obtenus par l'amélioration variétale conventionnelle (matériel végétal très vigoureux en début de végétation, plus précoce, à système racinaire plus développé et incorporant les caractères recherchés des variétés traditionnelles comme la qualité du grain) conjuguée à des pratiques agronomiques permettant une meilleure valorisation des ressources en eau et une amélioration graduelle de la fertilité des terres, surtout de sa composante chimique. Comme j'ai pu l'étudier en Thaïlande, la pratique du semis direct en sec au tout début de la saison des pluies permet par endroits de cultiver une légumineuse à graines (haricot mungo ou arachide) après la récolte du riz. De telles successions de culture avec un risque d'échec limité ne sont pas possibles en tous les endroits de cet agroécosystème hétérogène. Afin de mieux cibler leur dissémination, l'analyse des systèmes et les outils SIG sont de plus en plus fréquemment utilisés afin de penser des innovations spécifiques aux conditions des différents sous-écosystèmes au moyen de caractérisation plus fines et dynamiques de l'agroécosystème inondé. En conséquence, les

voies d'amélioration trouvées seront diverses et largement construites *in situ* avec les acteurs locaux.

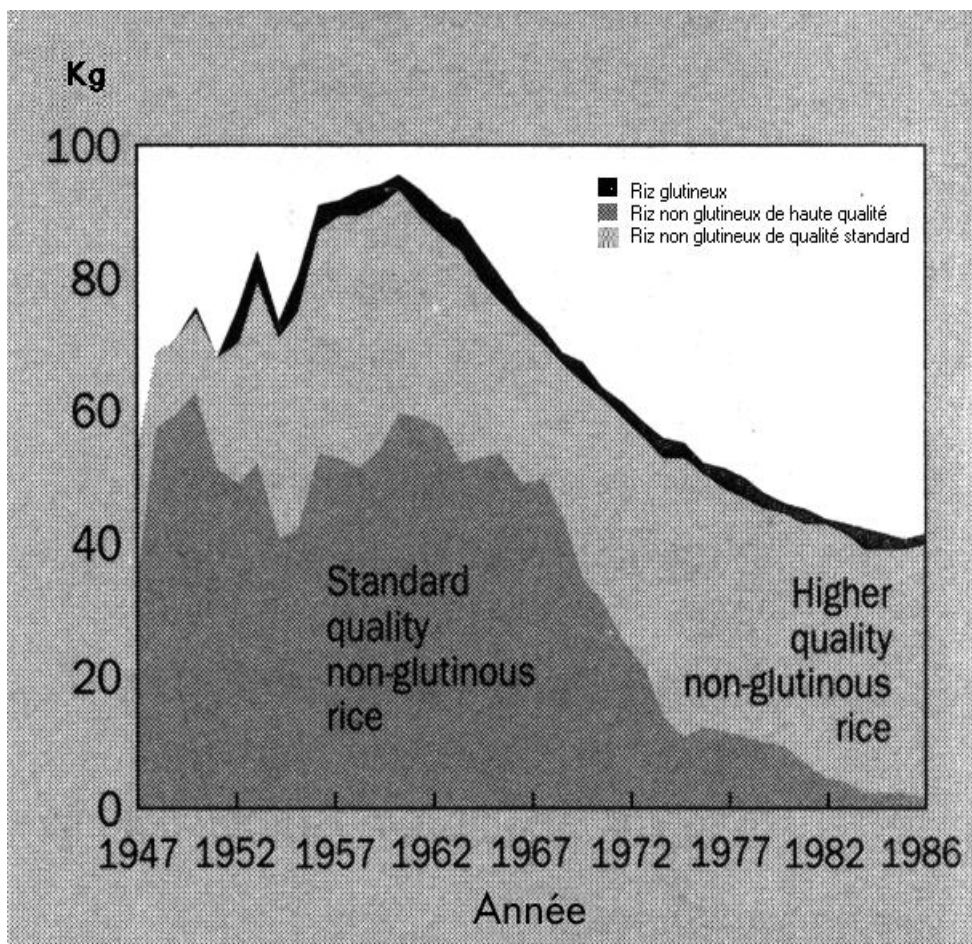
Par exemple, j'ai pu montrer l'intérêt des techniques de compaction du sous-sol (horizon compris entre 30 et 70 cm sous la surface du sol) dans le cas de la culture du fameux riz aromatique KDML 105 sur les sols à texture très grossière (jusqu'à 90% de sables) au nord-est de la Thaïlande afin d'allonger la période de submersion des casiers et d'améliorer les nutriments hydriques et minéraux du riz (Trébuil *et al.*, 1998/O27). La caractérisation des l'hétérogénéité spatiale au sud de la province d' Ubon Ratchathani nous a par ailleurs permis d'estimer à 40% des surfaces en riz inondé l'aire de culture dans laquelle cette technique pourrait être appliquée avec succès sur des sols présentant entre 2 et 5% d'argile (Harnpichitvitaya et Trébuil, 1999/O28). Au-delà du niveau de la parcelle, dans la même région, le creusement de milliers de petits étangs piscicoles, bordés de cultures maraîchères et fruitières, a été observé durant la dernière décennie. Ils permettent aux exploitations agricoles d'améliorer la diversité de leurs productions qui était auparavant très limitée par les conditions pédoclimatiques. De plus, en communiquant avec les rizières environnantes, ces « systèmes intégrés » autorisent une irrigation de complément en cas d'assèchement du casier à un stade critique et revigorent l'association riz-pisciculture pour la consommation familiale et villageoise. Les équipements lourds nécessaires à ces travaux géotechniques ont été procurés à travers plusieurs agences publiques (dont la puissante armée de terre) et de petits entrepreneurs privés. Une politique publique incitatrice était indispensable dans cette région parmi les plus pauvres du pays où les exploitations familiales disposent de très peu de capital. C'est pour cela que la moto-mécanisation intermédiaire, décrite ci-dessus dans ce volume, n'a encore souvent que très imparfaitement pénétré cet agroécosystème. Or préparer un hectare de rizière au moyen du buffle d'eau nécessite de parcourir environ 100 kilomètres à pied derrière l'animal ! Alors que les traditionnelles migrations de main d'œuvre, surtout masculines, sont appelées à se poursuivre voire à s'amplifier notamment durant l'inter-culture, il est important de réduire la pénibilité du travail de préparation du sol et d'implantation de la culture. Dans ces situations, je prévois que le semis direct en sec, après préparation du sol au motoculteur, souvent à l'entreprise, deviendra une pratique de plus en plus répandue (Moreau et Trébuil, 1988/C6).

La généralisation de la moto-mécanisation de ces opérations culturales à venir et la relative raréfaction de la main d'œuvre familiale disponible sur les exploitations risque fort de distendre les interactions, traditionnellement fortes, entre les sous-systèmes de culture et d'élevage (surtout bovin et bubalin) dans les unités de production. Une telle évolution pourrait avoir des conséquences négatives sur l'entretien du potentiel productif des terres aux échelles des exploitations agricoles et des terroirs villageois dans ces régions relativement pauvres où la consommation d'engrais minéral est très limitée. Mais je pense que de nouvelles opportunités, à la fois techniques (espèces fourragères productives adaptées aux contraintes biophysiques de cet agroécosystème) et économiques (forte augmentation de la demande en viande bovine des classes moyennes urbaines) se présentent et pourraient être exploitées afin de concevoir de nouveaux systèmes de production maintenant cette étroite interaction culture - élevage. Dans ces nouveaux systèmes l'animal permettrait une

intensification limitée des rizières inondées les plus favorables ainsi qu'une valorisation supérieure et moins risquée des autres étages agro-écologiques des petits bassins versants plus soumis au stress hydrique et à la submersion. Il s'agit là d'une thématique sur laquelle je conduirai des recherches collaboratives au nord-est de la Thaïlande durant les prochaines années. La conception et de l'application d'une démarche interdisciplinaire et multi-échelles avec les enseignants - chercheurs ainsi que les étudiants d'une jeune université régionale (dans le cadre d'un programme de maîtrise sur les « systèmes de production intégrés » dont j'appuie la mise en place) devrait renforcer les compétences locales en analyse systémique des réalités agraires. La fine compréhension des stratégies, modes de prise de décision et pratiques (notamment anti-risques) des producteurs qui en découlera sera mobilisée afin de concevoir et d'évaluer avec les riziculteurs des systèmes productifs et durables de gestion des ressources locales préservant et renouvelant l'association agriculture - élevage à l'échelle du terroir villageois.

Une autre opportunité importante à saisir afin d'améliorer le niveau de vie des riziculteurs de l'agroécosystème inondé est constitué par le changement progressif des modes de consommation alimentaire en cours dans les pays « émergents » d'Asie aux classes moyennes et aisées de plus en plus nombreuses. Si son impact sur la demande en riz de qualité est encore limité, je pense qu'il est appelé à se renforcer au fil des ans. L'expérience du Japon en la matière est résumée sur la figure 18.

Figure 18. Changements dans la consommation de riz des ménages non-agricoles japonais (consommation annuelle par tête en kilogrammes de riz blanc).



Le graphique montre comment, au court du développement économique et de l'enrichissement du pays dans l'après-guerre, la consommation annuelle de riz blanc par tête a tout d'abord augmenté pour plafonner au début des années soixante à plus de 90 kg, pour ensuite diminuer régulièrement de moitié durant le quart de siècle suivant. Mais, de façon plus intéressante ici, ce graphique montre aussi très nettement la transition opérée au fur et à mesure de l'augmentation des revenus des ménages japonais d'une demande majoritaire pour un riz de qualité standard et bon marché, jusqu'à la fin des années soixante, vers un produit de meilleure qualité en proportion croissante durant les années suivantes. Une tendance similaire est largement amorcée dans les nouveaux pays industrialisés d'Asie du Sud-est et d'Extrême-Orient. Mais les pays engagés dans cette voie ne représentent encore qu'environ 10% de la consommation rizicole du continent. Cette transition nutritionnelle est aussi accompagnée d'un accroissement du nombre des repas pris hors de la maison, du recours fréquent à des aliments déjà transformés par l'agro-industrie et demandant moins de temps de préparation. Pour le riz, ceci pourrait signifier un changement plus important de la demande traditionnelle en riz blanc vers des produits rizicoles transformés, nécessitant des matières premières spécifiques, tels que les pâtes, les flocons de céréales, les « puffs », etc. Traditionnellement, les agroécosystèmes rizicoles non irrigués sont les mieux placés pour tirer bénéfice de cette évolution de la demande en riz de qualité et d'une plus grande segmentation du marché. D'importantes coordinations entre acteurs des filières (classement des récoltes en grades et standards, etc.) et de profondes adaptations des opérations post-récolte seront toutefois nécessaires pour que les riziculteurs puissent bénéficier d'une telle augmentation de la valeur marchande du paddy en préservant mieux la qualité du produit. Cela est déjà observable depuis de longues années en Thaïlande dans les zones de production traditionnelle du riz inondé aromatique Khao Dok Mali 105 (KDML 105), souvent situées dans les provinces les plus défavorisées du nord-est, région la plus pauvre du pays. De même au Pakistan où les producteurs de riz aromatique *basmati* pour l'exportation peuvent vendre leur production jusqu'à quatre fois plus cher que le riz ordinaire qu'ils consomment. En retour, je pense qu'un plus grand intérêt devrait maintenant être accordé par la recherche aux travaux sur l'amélioration de la qualité du grain dans les agroécosystèmes pluviaux et inondés. De telles recherches intéressent plus particulièrement les grands pays exportateurs que sont la Thaïlande, le Viêt-Nam, le Pakistan et l'Inde.

Ces exemples montrent qu'un réel potentiel de progrès important existe dans l'agroécosystème inondé, bien qu'il soit et demeurera généralement difficilement accessible. Mais, au-delà de la riziculture, sa réalisation ne pourra avoir lieu sans une prise en compte de l'ensemble des systèmes d'activités variés développés par les agriculteurs. Cependant, ces cas issus de terrains qui me sont plus familiers ne doivent pas faire oublier que dans les pays à faibles revenus et les régions présentant encore d'immenses poches de pauvreté, notamment en Asie du Sud, la demande des consommateurs la plus urgente à satisfaire consiste en hydrates de carbone produits à faible coût afin de satisfaire les besoins en calories de populations en croissance toujours rapide. Dans des pays comme le Bangladesh, le riz est encore souvent un aliment de luxe dont la quantité consommée par habitant est destinée à



augmenter avec l'élévation des revenus. Ainsi, selon Hossain, si le niveau de revenu doublait dans des pays comme la Chine, l'Inde, l'Indonésie ou les Philippines, la consommation de riz par habitant pourrait encore augmenter de 6 à 11%. Or depuis la fin des années quatre vingt, l'ensemble de ces évolutions post-révolution verte s'est déjà traduit par un net ralentissement de la croissance de la production rizicole en Asie qui est passée de 3,1% entre 1965 et 1985 à seulement 1,7% entre 1985 et 1994, soit un rythme inférieur au taux de croissance démographique de bon nombre de pays. Des risques de déficits majeurs et fortement déstabilisateurs sont encore à craindre en Chine, au Bangladesh et en Indonésie. Les situations de l'Inde, du Viêt-Nam et des Philippines quant à l'ajustement entre l'offre et la demande en riz devraient aussi être tendues. Seules la Thaïlande et la Birmanie jouiront d'une position confortable dans ce domaine.

En conclusion de cette partie je rappellerai brièvement ce qui me semble constituer les caractéristiques clefs du contexte post-révolution verte rizicole en Asie :

- une expansion des superficies rizicoles très limitée, voire impossible dans le cas des systèmes irrigués où la recherche de nouvelles voies d'accroissement des rendements unitaires reste au premier plan des préoccupations,
- une nécessité de mieux raisonner l'utilisation des engrais et pesticides face à l'augmentation considérable de la consommation d'intrants d'origine industrielle dans les rizières à double ou triple culture annuelle durant les dernières décennies. Pour être durable, la poursuite du développement rizicole en milieu irrigué devra pouvoir s'appuyer sur des technologies et modes de gestion des ressources plus intensifs en information et en connaissances afin de diminuer les consommations d'intrants tout en augmentant leurs effets au moyen d'un usage plus raisonné et efficace. Cette évolution lance un défi aux systèmes de recherche agricole afin qu'ils fournissent ces informations et connaissances adaptées aux multiples situations locales,
- un besoin d'innovations permettant des économies en travail là où la main d'œuvre rizicole se raréfie et alors que le coût d'opportunité du travail familial augmente, tout comme la pluri-activité et la production agricole à temps partiel. La satisfaction de ce besoin essentiel m'a semblé être marquée, jusqu'à présent, par une contribution relativement faible de la recherche publique, le secteur privé accomplissant la majeure partie du travail de recherche-développement nécessaire. Je pense que recherche de techniques culturelles économes en travail constituera pourtant un sujet important durant les prochaines années, afin aussi que cette activité économique conserve un attrait pour les jeunes générations de riziculteurs.
- la confirmation de l'importance de l'agroécosystème à riz inondé dans la lutte contre la pauvreté et le sous-emploi rural, ainsi que pour contribuer à satisfaire la demande croissante en riz. Plus encore qu'en milieu irrigué, les voies d'amélioration de la riziculture inondée seront extrêmement diverses selon les caractéristiques agro-écologiques locales et les opportunités accessibles à saisir lors des transformations de l'environnement économique des exploitations

et des politiques agricoles mises en place. Face à une segmentation croissante du marché, on pourrait assister par endroits à une tendance à l'intégration verticale de la filière riz parallèlement aux exigences croissantes des consommateurs sur la qualité. Ainsi, l'initiative pour la recherche écorégionale en Asie humide, auquel je participe à l'IRRI, s'attache à analyser les mécanismes de la diversification des systèmes d'activités agricoles, sur des sites-clefs contrastés, afin de détecter et de comprendre la diversité des trajectoires d'évolution de la riziculture inondée.

C'est dans ce contexte qu'au tournant des années quatre vingt, l'IRRI et l'organisation de la recherche rizicole sur le continent asiatique ont négocié une inflexion majeure, du contenu comme de la forme des activités poursuivies. Cet exercice s'appuya sur une revue de la stratégie alors suivie afin de l'adapter aux évolutions récentes qui viennent d'être décrites. Ce sont les conséquences de cette réorganisation de l'agenda de la recherche rizicole et les caractéristiques de la nouvelle programmation des activités de recherche rizicoles au niveau du continent que je vais maintenant discuter.

## **5. Implications du contexte post-révolution verte sur le contenu de la recherche rizicole en Asie**

Les parties précédentes ont montré combien les progrès nécessaires à une augmentation durable de la production et de la productivité rizicole asiatique devront être réalisés dans un environnement très complexifié. Cette complexité est particulièrement manifeste dans le besoin d'amélioration de la gestion et de l'efficacité de l'utilisation de ressources indispensables à la production mais qui tendent à se raréfier. Au-delà de l'amélioration nécessaire de l'efficacité des processus productifs, il s'agit surtout d'identifier et de promouvoir des stratégies et des voies concrètes efficaces afin de réduire la pauvreté rurale tout en préservant les ressources naturelles mieux que par le passé.

Le contexte actuel est totalement différent de celui de la révolution verte où la dissémination rapide d'un « paquet technologique » symbolisant la riziculture moderne garantissait, dans les zones les plus favorables à la riziculture intensive, un impact très tangible de la recherche. Cet environnement de plus en plus complexe exprime une demande croissante et diverse vers les systèmes de recherche et de vulgarisation agricole. Dans le domaine scientifique, l'environnement actuel de la recherche rizicole peut espérer bénéficier de nouvelles possibilités d'innovation rendues possibles par les progrès rapides de la biologie moléculaire et de la génomique appliqués à l'amélioration et à la protection des plantes. Il en est de même en ce qui concerne l'utilisation des technologies de l'information et de la communication qui permettent déjà des avancées notoires en matière d'échange d'information, d'intégration des connaissances et de modélisation des systèmes complexes. Mais les produits attendus de ces avancées scientifique et technique ne seront pas disponibles sur les exploitations rizicoles d'ici une ou deux décennies. D'ici là, les progrès pointant à l'horizon dépendront toujours des recherches plus conventionnelles actuellement en cours.

### **5.1 Principales priorités de la recherche dans les agroécosystèmes rizicoles irrigués d'Asie**

Les recherches sur le riz irrigué en cours d'exécution s'attachent surtout à créer des connaissances, des technologies et des pratiques culturelles permettant d'augmenter les rendements avec moins de terres cultivées, moins d'eau, moins d'intrants d'origine industrielle par tonne de paddy produite, moins de capital, mais aussi moins de dégradation des ressources naturelles (notamment en produisant moins de méthane, un des gaz à effet de serre responsable du changement climatique global dont 10 à 20% du volume global seraient émis par les rizières<sup>17</sup>), et ce tout en s'assurant que la riziculture irriguée demeure une activité socialement attractive pour les prochaines générations de jeunes ruraux d'Asie.

---

<sup>17</sup> Les récentes recherches sur le sujet ont cependant montré que les émissions de méthane des rizières asiatiques sont bien moins importantes que celles observées aux Etats-Unis ou en Europe où les taux de matière organique des sols, les quantités d'azote appliquées à la culture et les rendements obtenus sont bien plus élevés. Les résultats préliminaires obtenus sur les effets des augmentations de concentration de l'air en gaz carbonique

## *Surpasser le potentiel de rendement de la révolution verte*

Même si l'augmentation nécessaire de la production de riz du continent pourra provenir en partie de la riziculture inondée, une nouvelle augmentation des rendements moyens en riz irrigué, jusqu'à 8 t/ha de paddy, devrait toutefois être nécessaire lors des trois prochaines décennies afin de compenser les pertes de surfaces rizicoles irriguées prévues. La Chine n'a pas attendu pour se lancer, à nouveau avec une bonne longueur d'avance, dans cette aventure. Ainsi, la variété Shanyou 63 cultivée dans les conditions climatiques particulières du plateau yunnanais a déjà produit 15 t/ha de paddy en un cycle grâce à sa forte production de biomasse, la taille de ses épillets, un indice foliaire très élevé et une longue activité photosynthétique de son feuillage. Augmenter le potentiel de rendement du riz irrigué dans les conditions tropicales humides au-delà du plafond des 10 t/ha de paddy, établi par l'IR8 dès le milieu des années soixante, est un objectif jugé incontournable et réalisable. Les deux projets stratégiques brièvement présentés ci-dessous approchent de leurs objectifs et devraient contribuer significativement à l'augmentation du potentiel de rendement du riz irrigué par unité de surface sous les tropiques humides. Leurs produits pourraient ainsi prendre le relais des améliorations continues de la productivité physique, au rythme actuel d'environ 1% par an, réalisées par l'amélioration variétale conventionnelle à l'IRRI et chez ses partenaires des SNRA durant les trois décennies 1965-1995. Pour cela, quelques 750 lignées parvenues à un stade avancé de la sélection sont encore évaluées chaque année.

### *La culture des riz hybrides s'étend en Asie*

Initiée en Chine dès 1976 et rapidement développée dans ce pays, où la moitié des rizières étaient cultivées avec des riz hybrides au début des années quatre vingt dix, la production de riz hybrides commence aussi à s'étendre en Asie tropicale. C'est notamment le cas en Inde où les premiers hybrides adaptés aux conditions locales furent proposés en 1994. Les problèmes liés à la méconnaissance de ce nouveau matériel végétal (les hybrides indiens sont aromatiques, qualité non appréciée de certains producteurs au sud du pays!), ainsi qu'au coût élevé des semences en retardent quelque peu la dissémination. Grâce au phénomène d'hétérosis, certains de ces hybrides tropicaux entre lignées d'*indicas* peuvent atteindre des rendements supérieurs d'environ 10 à 20% (soit à peu près une tonne de paddy par hectare) à ceux fournis par les variétés semi-naines irriguées. En 1998, quelques 200.000 ha d'hybrides chinois ont aussi été cultivés au Viêt-Nam, tandis que l'Inde cultivait des hybrides dérivés du programme de l'IRRI sur environ 150.000 ha et le Bangladesh sur 20.000 ha. Ils ont aussi fait leur apparition aux Philippines (quelques 500 ha en 1998), ainsi que dans d'autres pays (dont

---

et de la température sur la production de riz montrent deux tendances inversées. Si l'accroissement de la concentration en gaz carbonique stimule la croissance des plantes et se traduit par des biomasses et productions de grains accrues, en revanche, l'augmentation de la température ambiante aurait un effet négatif sur la formation des grains et pourrait réduire, voire dans certaines conditions plus qu'annuler, l'effet bénéfique de la « fertilisation en CO<sub>2</sub> ».

l'Indonésie et le Sri Lanka, etc.), là où les riziculteurs sont à la recherche de rendements élevés, proches des potentiels permis par le climat, et explorent à leur tour cette option avec le soutien de la Banque asiatique pour le développement et de la FAO. Les surfaces rizicoles cultivées avec ces riz hybrides auraient couvert quelques 2 millions d'hectares en l'an 2000 et leur contribution à l'élévation de la productivité rizicole en Asie sera, je crois, importante durant la prochaine décennie. Récemment, un réseau asiatique spécialisé dans la diffusion de la culture des riz hybrides a été mis en place par l'IRRI.

La nécessité actuelle d'acheter de nouvelles semences à pris fort à chaque cycle cultural limite la diffusion de la culture de ces riz hybrides aux régions à forts potentiels de production et très intégrées au marché. Ce problème a pu être évité en Chine, au moins jusqu'à une période récente marquée par une baisse des subventions publiques, par la mise en place d'un important système public de production de semences qui a fortement contribué à la rapidité de leur dissémination. C'est pour cette raison qu'en collaboration avec d'autres ARIs, l'IRRI utilise des outils biotechnologiques pour comprendre les mécanismes de l'apomixie (une méthode de production de semences par voie asexuée) présents chez des centaines d'espèces végétales, afin d'étudier leur transfert chez le riz. Cette transformation permettrait l'obtention de riz tropicaux hybrides capables de maintenir leur gain de rendement même lorsque les petits riziculteurs conserveront eux-mêmes leurs semences provenant de la culture précédente.

Continuant sur sa lancée, le célèbre « China National Hybrid Rice Research and Development Center » de Changsha, province du Hunan, poursuit depuis 1998 un programme visant à créer, dès 2002, un « super riz hybride » produisant plus de 100 kg de grain par hectare et par jour en utilisant surtout l'effet d'hétérosis entre sous-espèces (hybrides *indicas/javanicas* pour les zones à riz *indicas* et *japonica/javanica* pour les régions à *japonicas*) aux effets plus importants que celui obtenu par hybridation inter-variétale. Les combinaisons les plus prometteuses donnent à voir un riz aux trois feuilles les plus élevées très longues, érigées, au limbe peu large mais épais et en forme de « V », une canopée dense (200-300 panicules/m<sup>2</sup>) et de faible hauteur (70 cm) résistante à la verse, de lourdes panicules retombantes composées de plus de 250 épillets/panicule, ainsi qu'un système racinaire très vigoureux. Le prototype nommé Pei'ai 64S/E32 a produit plus de 12 t/ha sur plusieurs années en différents endroits et établi un record absolu de 17 t/ha (soit 107 kg/ha/jour) en 1999 avec une fertilisation azotée de « seulement » 230 kg N/ha ! D'autres hybrides de riz irrigués faisant appel à des variétés sauvages ou à certaines lignées du nouveau type de plante de riz (NPT) en cours de mise au point à l'IRRI sont aussi en cours d'évaluation.

#### Vers un nouveau type de plante de riz irrigué ?

Alors que depuis la fin des années quatre vingt, l'augmentation de la production de riz dans l'écosystème irrigué de la ceinture tropicale humide ne s'accroît plus au rythme de la population, l'IRRI considère aussi que l'architecture même de la plante de riz doit à nouveau être fondamentalement reconstruite, pour que sa productivité dans les conditions tropicales humides puisse être portée à 12,5 t/ha. Pour le milieu tropical humide d'Asie, c'est l'objectif

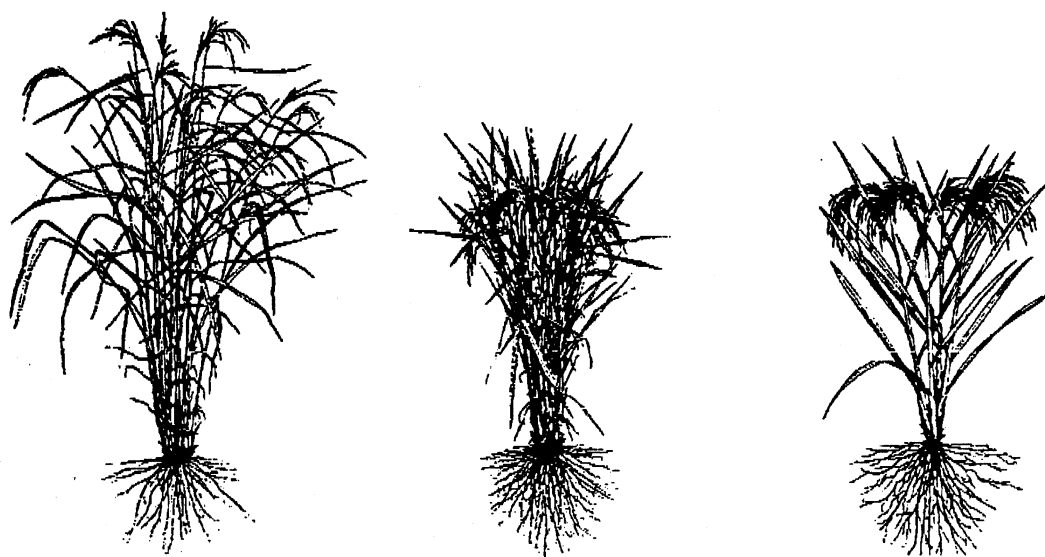
du projet de création d'un nouveau type de plant de riz (NPT<sup>18</sup>), lancé en 1989, qui vise à accroître de 25% le potentiel de rendement du riz irrigué en le portant à 12,5 t/ha de paddy. Les principales caractéristiques de ce NPT sont comparées aux deux principaux autres idéotypes de riz irrigué antérieurs sont présentées sur la figure 19. Grâce à l'effet d'hétérosis, l'hybridation *japonica-indica* à partir de ce nouveau type de plante de riz pourrait permettre d'effectuer le reste du chemin vers l'établissement d'un potentiel de rendement de 13-14 t/ha.

Abandonnant le pool génétique des indicas ayant jusque là servi à créer l'ensemble des variétés semi-naines, Gurdev Khush et son équipe décidèrent d'exploiter les caractéristiques morphologiques des japonicas tropicaux du groupe des variétés traditionnelles « *bulus* » d'Asie du Sud-Est, jusque là extrêmement rarement utilisés en sélection variétale. Une nouvelle architecture de la plante, la rendant plus adaptée à une production irriguée par semis direct, à très forte densité de peuplement et disposant d'un potentiel de rendement en augmentation d'environ 20-25% par rapport aux meilleurs cultivars actuellement disponibles et même plus après hybridation, fut conçue et produite au champ dès 1994. Le NPT a moins de talles, 6 à 10 contre 25-27 chez une variétés semi-naine moderne comme l'IR 72 dont seulement 14-15 donneront de petites panicules d'une centaine de grains, les autres, non productives, entrant en compétition pour les nutriments et l'énergie lumineuse. Chez le NPT toutes devraient produire une panicule afin d'éliminer la croissance non productive de la plante. Ses panicules auront environ 150-200 épillets, contre 100 pour les variétés modernes semi-naines d'*indicas*. Ses feuilles seront aussi plus érigées, plus vertes et plus épaisses, afin d'augmenter leur efficacité photosynthétique de 10 à 15%, et ses tiges plus robustes afin de supporter de plus lourdes panicules et d'éviter la verse. Pour cela, son système racinaire est aussi plus vigoureux que celui des variétés semi-naines d'*indicas*. La très forte densité des plants de NPT au mètre carré devrait permettre aussi de limiter la croissance et la compétition des adventices, ceci devant se traduire par des économies en eau, en travail et en herbicides, elles aussi indispensables.

---

<sup>18</sup> NPT pour "New Plant Type", aussi couramment appelé "Super rice", suite à une campagne médiatique prématurée lancée en octobre 1994.

Figure 19. Comparaison pour quelques caractéristiques clefs entre le nouveau type de plant de riz, les variétés semi-naines d'*indicas* de la révolution verte et la plante de riz traditionnel.



Idéotype	Traditionnel, haute stature	Indica semi-nain (révolution verte)	« nouveau type de plante de riz » à faible tallage
Années*	Avant 1966	1966 à 1990	Après 2004 ( ?)
Hauteur (cm)	110-180	90-110	90-110
Feuilles	Fines, longues, retombantes	Fines, courtes, érigées	Epaisses, courtes, érigées
Tallage	Elevé	Très élevé (jusqu'à 25 talles/plante)	Moins de 10 talles/plante, portant toute une panicule
Nombre épillets/panicule	100 - 150	80 - 120	150-200
Nombre de panicules	<10	< 16	< 10
Durée cycle (j)	140 - 180	110 - 140	100 - 130
Biomasse totale (t/ha)	5 - 10	15 - 20	20 - 22
Indice de récolte**	0,3 - 0,4	0,5	0,6
Rendement potentiel (t/ha de paddy)	1,5 - 3,5	6,5 - 10	12- 13

\*Années d'introduction chez les riziculteurs.

\*\* Rapport entre le poids du grain récolté et la biomasse totale produite par la culture.

En 1998, plusieurs lignées du NPT ont produit des rendements plus élevés que ceux atteints par la variété *indica* semi-naine IR72 aussi bien en saison sèche (jusqu'à 11,6 t/ha de paddy) qu'en saison humide (avec un maximum de 6,6 t/ha pour le NPT). De plus, certaines lignées obtenues ont une teneur en fer accrue de 50% par rapport à un riz ordinaire. Ces données semblent indiquer que les problèmes de remplissage de ses très nombreux épillets par panicule observés les années précédentes ont pu être surmontés. Les travaux visant à conférer à ce NPT les indispensables résistances aux principaux ravageurs (et tout particulièrement aux foreurs de la tige auxquels les lignées de NPT actuelles sont encore sensibles) et maladies, ainsi qu'à intégrer dans son grain, déjà rendu plus long, les qualités préférées des consommateurs (notamment chinois) doivent encore se poursuivre. Des gènes particuliers transférés d'autres organismes par génie génétique conféreront au NPT final des résistances particulières vis-à-vis de différents agresseurs. Alors que l'IRRI estime être à mi-chemin dans la réalisation de ce projet stratégique, le NPT devrait pouvoir être testé en conditions paysannes vers 2003 là où les producteurs visent un rendement en paddy maximal sur leurs faibles surfaces aménagées. Si ce projet clef atteint tous ses objectifs, à terme le NPT pourrait être responsable d'une augmentation de la production globale annuelle de riz pouvant atteindre 100 millions de tonnes de paddy, soit la quantité correspondant aux besoins de quelques 300 millions de consommateurs.

Mais les travaux de recherche rizicole dans l'écosystème irrigué doivent maintenir un équilibre entre la recherche de nouveaux gains de productivité et la préservation des acquis passés pouvant être érodés au fil du temps par le développement de problèmes liés à un complexe sol - eau montrant par endroit des signes de « fatigue », ainsi que l'extension de nouvelles infestations et infections de ravageurs et de maladies dans les zones rizicoles à forte productivité. Dans ce nouveau contexte, une approche systémique des problèmes de la riziculture irriguée s'impose.

### *Assurer la durabilité de l'exploitation intensive en rizières irriguées*

Afin de pouvoir réaliser à la parcelle les gains de rendement rendus possibles par le progrès génétique, la conduite des systèmes de culture intensive doit permettre la production durable de riz irrigué. Ainsi les recherches en amélioration variétale et en gestion des ressources naturelles à l'échelle du champ cultivé doivent avancer ensemble. Sinon, chaque augmentation nécessaire de la productivité du sol rendue possible par le progrès génétique peut en retour augmenter le risque de dégradation de l'environnement de la culture.

C'est hélas le constat qui peut être fait dans le cas des systèmes de production à succession riz - blé des zones subtropicales d'Asie, qui nourrissent plus de 350 millions de personnes, mais sont entrés en crise. Véritables greniers à grains occupant quelques 12 millions d'hectares en Asie du Sud et 10 millions d'hectares en Chine centrale, ils jouent un rôle crucial dans la sécurité alimentaire de ces régions très peuplées. Grâce à un environnement économique favorable durant les précédentes décennies de la révolution verte, les producteurs ont adopté des systèmes de culture irriguée très intensifs, à forte



consommation d'engrais et de pesticides, qui ont permis une augmentation impressionnante de la production de céréale par habitant de ces régions entre 1965 et 1985. Dans les plaines indo-gangétiques d'Asie du Sud, ces systèmes sont devenus la principale source de surplus céréaliers pour alimenter les populations urbaines. Mais depuis la dernière décennie, ces brillants progrès passés sont remis en question par une stagnation des rendements pour les deux céréales et une diminution de la productivité totale des facteurs de production utilisés. La dégradation du statut organique des sols, l'élévation du niveau des nappes phréatiques, accroissant les risques de salinisation des terres, ainsi que l'augmentation de la pression des ravageurs et des maladies sur les cultures sont les principaux symptômes de la dégradation en cours de ces agroécosystèmes essentiels. La recherche de voies adaptées pour favoriser la diversification agricole de ces systèmes riz - blé et promouvoir des pratiques culturelles renversant la tendance à la dégradation des terres est maintenant explorée dans un cadre international. Le « Consortium Riz-Blé », qui rassemble les SNRA des pays producteurs d'Asie du Sud et de la Chine, soutenus par le CIMMYT et l'IRRI, a pour objectif central l'amélioration de la durabilité de la production dans ces greniers à céréales au rôle crucial.

Ce possible phénomène de plafonnement, voire de déclin, des rendements du riz irrigué avec abaissement de la productivité totale des facteurs de production était aussi une grande crainte du début des années quatre vingt dix pour les millions d'hectares de rizières irriguées exploitées en double ou triple culture annuelle. Ce thème de recherche fut érigé par l'IRRI au rang de priorité pour ses travaux en agronomie durant la précédente décennie sur la base de données à mon avis inappropriées pour en démontrer l'importance de façon indiscutable. Le « problème » fut d'abord identifié de façon la plus nette à partir des données d'une expérimentation à long terme conduite sur la ferme irriguée de l'IRRI depuis le milieu des années soixante et qui a permis d'observer les effets d'une succession de plus de 100 cycles culturaux à ce jour. L'observation d'une diminution des rendements de 35% sur ces petits casiers « les plus intensivement cultivés d'Asie » au fil d'une période de 25 ans fut à l'origine d'un minutieux et coûteux programme de recherche destiné à en élucider les causes. Il se justifiait par le rapport d'évolutions similaires constatées sur d'autres stations de recherche rizicole en Inde, en Thaïlande et en Indonésie, tandis que les résultats des essais sur la productivité physique des systèmes de culture riz - blé en Inde conduits entre 1973 et 1988 montraient aussi des tendances inquiétantes. Ces observations très ponctuelles, effectuées « en milieu contrôlé », furent ensuite reliées à des données d'enquêtes tendant à montrer que les riziculteurs devaient dorénavant appliquer plus d'intrants afin de maintenir les mêmes niveaux de rendements qu'auparavant. Ainsi dans le « bol de riz » du Centre de l'île principale de Luzon aux Philippines, une augmentation des rendements en paddy de 13% durant les années quatre vingt avait nécessité une croissance des consommations d'engrais minéral et de semences de respectivement 21 et 34%. De même à l'Ouest de Java, durant la même période l'augmentation de 23% du rendement moyen en paddy fut acquise au prix d'un accroissement de la consommation en engrais minéraux et en pesticides de respectivement 65 et 69%. L'hypothèse la plus travaillée quant à la nature du phénomène était que, dans les conditions de culture anaérobie quasi permanente de la double ou triple culture irriguée, avec le temps, la capacité du sol à fournir à la plante l'azote nécessaire à sa croissance a tendance à diminuer. Dans le cas de l'expérimentation à long terme sur la ferme de l'IRRI, cette diminution a été

estimée à 60 kg/ha sur une période de 22 années. D'autres spécialistes penchaient pour un impact accru des maladies, des nématodes, ou encore en faveur d'une insuffisante fourniture par le sol d'autres minéraux que l'azote à la plante. Personnellement, je n'ai jamais été convaincu de l'argumentation de mes collègues de la Division Agronomie de l'IRRI travaillant, au laboratoire, en serres ou en station expérimentale sur cette question et je pensais que l'on faisait d'un problème de quelques casiers de la ferme expérimentale un enjeu très surestimé. Les multiples exercices de diagnostics sur l'élaboration du rendement des cultures que j'ai eu à pratiquer au cours des deux dernières décennies m'ont toujours montré que les évolutions des performances de la culture constatées étaient toujours reliées à des interactions multiples et interdépendantes entre le fonctionnement du peuplement végétal et l'évolution des conditions environnementales de la culture lors d'un cycle unique et *a fortiori* pour des successions culturales. Par ailleurs, mes visites au champ dans plusieurs zones rizicoles irriguées à haute productivité entre 1993 et 1995 me donnaient surtout l'impression que de multiples innovations étaient, souvent très rapidement, mises en place afin de maintenir, voire d'accroître, les niveaux de productivité élevés déjà atteints.

Même en milieu contrôlé, les résultats d'analyses récentes plus approfondies et documentées se montrent bien moins alarmistes. La plus récente étude, réalisée par l'IRRI et ses SNRA partenaires de ce « mégaprojet » à partir des résultats de 43 expérimentations à long terme localisées dans 7 pays, montre que le phénomène de « déclin des rendements » dans les périmètres à deux ou trois cultures de riz par an ne serait pas aussi répandu, ni aussi sérieux, que les initiateurs de ce programme l'affirmaient, surtout lorsque les rendements régulièrement obtenus sont encore de l'ordre de 5 à 6 t/ha/cycle. Il n'y aurait pas eu non plus de baisse évidente de la productivité totale des facteurs de production dans les parcelles paysannes enquêtées durant les cinq années de la période 1994-1998 durant laquelle s'est déroulée l'étude, pourvu que la quantité d'intrants nécessaire pour atteindre le niveau de rendement visé ait été appliquée. Parfois, comme en certains endroits du delta du Fleuve Rouge, la baisse de rendement constatée s'est avérée être simplement due à une carence du sol en un élément minéral majeur (souvent le potassium), suite à des pratiques de fertilisation négligeant ce type d'apport, qui pouvait donc être aisément corrigée. Ailleurs, une diminution temporaire de l'efficacité de l'utilisation des engrais appliqués a pu être inversée au moyen :

- de calendriers d'application des fertilisants plus adaptés aux besoins de la culture, ou/et
- de la mise en jachère de la parcelle le temps d'un cycle rizicole, ou encore
- au moyen de l'insertion d'une culture aérobie (soja, patate douce, maïs, etc.) entre deux cycles de riz irrigué. Or il s'agit là de rotations déjà largement pratiquées depuis des décennies notamment dans le delta du Fleuve Rouge ou à Java !

Dans cette importante enquête, jamais un ravageur donné ou une maladie n'ont pu être rendus responsables des baisses de rendement éventuellement observées. Au-delà du suivi du phénomène de tendance au plafonnement des rendements (localisation, caractérisation, amplitude) qui risque d'être accompagné par de plus fortes consommations (et pertes dans le

milieu) d'engrais azotés que par le passé, les derniers résultats obtenus incitent à donner la priorité à la recherche de stratégies concrètes, d'outils techniques et d'aide à la décision pour conserver et améliorer les ressources l'agroécosystème à riziculture irriguée intensive. Tout comme pour le thème suivant que je vais développer, cela passe par de meilleures connaissances sur les relations entre le sol, l'eau et la plante dans la rizière : caractérisation et évolution de la matière organique, dynamique de la fourniture d'azote par le sol, mise au point de systèmes d'aide à la décision localisée pour la conduite de la fertilisation minérale, recherche d'indicateurs biologiques et biochimiques du stress environnemental, etc. Ces connaissances nouvelles devant être mobilisées pour permettre des progrès en matière de gestion intégrée des ressources naturelles, des ravageurs et des maladies, ainsi que des intrants, sur les exploitations agricoles. Mais, compte-tenu de la grande complexité des interactions mises en jeu entre les pratiques de l'agriculteur, les états du milieu qu'elles produisent (notamment leurs effets sur le sol et la relation sol - eau, sur les communautés de pathogènes et d'adventices, etc.) et le fonctionnement du peuplement de riz irrigué, il y a fort à parier que les causes des stagnations de rendements dans certaines des zones en culture très intensive soient très variables selon les endroits et les échelles considérées. C'est pour cela que ce type de thématique est maintenant abordé dans le cadre décentralisé d'un consortium international pour la recherche sur le riz irrigué dans lequel les principaux pays concernés (Inde, Chine, Indonésie, Philippines, Viêt-Nam, etc.) exécutent la plupart des travaux de recherche de façon plus intégrée que par le passé, au moyen d'activités interdisciplinaires et pluri-échelles. Cet exemple détaillé m'a permis d'illustrer l'évolution récente, que je juge très positive, des méthodes de programmation des activités de recherche collaborative entre l'IRRI et ses partenaires. De plus en plus, la fameuse ferme expérimentale de l'IRRI n'est plus qu'un site-clef comme un autre dans un réseau international plus équilibré qu'auparavant. Je reviendrai plus en détail sur ce sujet dans la partie suivante.

#### *Accroître l'efficacité de l'utilisation des facteurs de production appliqués au riz*

Compte-tenu des niveaux de consommation d'intrants (azote, pesticides, eau) atteints dans la plupart des rizières irriguées, qui maintenant dépassent souvent les optima économiques, il est devenu indispensable d'accroître l'efficacité de leur utilisation, généralement médiocre, sous peine de fortes dégradations de la qualité de l'environnement et des marges brutes des producteurs. C'est tout d'abord le cas là où le défi alimentaire des 30 prochaines années incite à une poursuite de l'intensification rizicole afin d'approcher à chaque cycle des potentiels climatiques permis, eux-mêmes étant poussés à la hausse comme nous l'avons vu ci-dessus. De nouvelles méthodes de gestion intégrée des rizières irriguées commencent à voir le jour, qui combinent les connaissances acquises sur la conduite de la fertilisation azotée, de la protection de la culture et de l'irrigation.

#### *Cas de la fertilisation azotée*

Après trois décades de révolution verte dans cet agroécosystème, les pratiques variées de fertilisation adoptées par les riziculteurs, le plus souvent tout à fait indépendamment des recommandations de la recherche, font que d'importantes hétérogénéités sont observées

aujourd'hui dans ce milieu auparavant jugé plutôt uniforme. Le statut minéral des sols diffère entre les casiers de différentes catégories d'exploitations la même année et entre ceux de la même exploitation selon les années. Suivant des règles simples, des pratiques adaptées à chaque situation doivent être adoptées pour que l'efficacité de l'engrais azoté appliqués soit améliorée.

Sur la base des connaissances actuellement disponibles, des essais de gestion de la fertilisation minérale au plus près des besoins de la plante effectués sur 207 exploitations dans six pays ont permis d'enregistrer des gains de rendement en paddy de 0,5 à 1 t/ha dus à un meilleur équilibre entre éléments minéraux majeurs fournis au riz ainsi qu'une amélioration sensible de l'efficacité d'utilisation de l'azote par le riz. En moyenne, celle-ci fut accrue de 26% à 36% et au maximum de 50% dans un quart des parcelles d'essais en milieu paysan. Une première évaluation économique suggère que ce type de pratique apportant la « dose juste au bon moment » pourrait augmenter les revenus des agriculteurs d'en moyenne 110 euros par hectare de riz irrigué.

Mais conseiller efficacement, avec des coûts très modérés, plusieurs dizaines de millions de petits riziculteurs sur ce type de pratiques de la fertilisation minérale en les adaptant à leurs conditions locales (et alors que le prix des engrais minéraux ont montré une baisse continue par le passé) représente un gigantesque défi pour les systèmes de recherche-développement. Un changement radical de méthode de travail et du type de contenu des messages adressés aux producteurs est nécessaire par rapport aux pratiques des trois décennies précédentes dominées par la diffusion d'un « paquet technologique » standard et normatif. Suite au semi-échec des approches en terme de « systèmes de production » durant les années quatre vingt, qui trop souvent ont vu leurs succès circonscrits à de petites zones géographiques, des évolutions dans le bon sens se font jour, mais elles sont encore très insuffisantes par rapport à l'urgence des corrections à apporter aux pratiques actuelles, avec des ressources financières de plus en plus limitées.

Au-delà des connaissances aujourd'hui disponibles afin de mieux piloter l'apport d'azote dans la rizière au cours du temps (en fonction des pics de besoins de la plante) et dans l'espace (en fonction des hétérogénéités spatiales) afin d'augmenter l'efficacité de son utilisation pour la production de grain et de réduire les très importantes pertes dans le milieu, les recherches visant à introduire la fixation biologique de l'azote chez le riz vont dans le sens d'une amélioration décisive et élégante à plus long terme. Elles ont récemment montré que le riz dispose d'une partie des mécanismes physiologiques nécessaires à la fixation biologique de l'azote à l'instar des légumineuses. Mais cette approche ambitieuse et à haut risque d'échec ne pourra éventuellement délivrer un produit utilisable par les riziculteurs qu'à très long terme.

### Cas des pesticides

Alors qu'un nombre accru d'expériences de terrain soulignent l'efficacité des programmes de lutte intégrée contre les ravageurs et les maladies du riz, les études d'impact effectuées

jusqu'ici n'ont pas encore pu expliquer de manière indiscutable les résultats mitigés ou hétérogènes observés dans l'adoption de telles technologies. En principe, en diminuant les quantités de pesticides utilisées et en promouvant d'autres méthodes non chimiques de contrôle des ravageurs et des maladies (action des ennemis naturels, pratiques culturales manuelles ou mécaniques, choix des caractéristiques du matériel végétal cultivé), la lutte intégrée doit permettre un accroissement de l'efficacité de l'utilisation des pesticides. Des décrets officiels adoptant cette approche au niveau national ont été passés dans de nombreux pays (Inde, Sri Lanka, Malaisie, Indonésie, Viêt-Nam, Philippines, etc.) afin de créer un environnement juridique et économique incitant les producteurs à introduire collectivement les techniques de la lutte intégrée sur leurs exploitations. Ces dispositions doivent notamment permettre d'aller vers l'interdiction des substances les plus dangereuses, l'introduction de systèmes de taxation sélective décourageant l'usage intensif des pesticides et de plus grands efforts de formation des riziculteurs à un usage raisonné et judicieux de ces produits chimiques rendus plus coûteux.

Ainsi, dans le domaine de la lutte intégrée classique, un changement d'attitude des producteurs de riz irrigué à l'égard des insectes enrouleurs des feuilles a été obtenu aux Philippines et au sud du Viêt-Nam grâce à un projet de recherche participative. Il se traduit par une diminution des applications d'insecticides très toxiques en début de cycle et une meilleure gestion de l'entomofaune de la rizière. Aux Philippines, dans la zone du projet, 80% des riziculteurs avaient une perception erronée du danger représenté par cette chenille et en conséquence appliquaient inutilement des insecticides puisque moins de 20% des applications réalisées chez les agriculteurs enquêtés étaient techniquement justifiées. Au moyen des connaissances sur les dynamiques des populations d'insectes, sur les effets physiologiques sur la plante des dégâts de la chenille, ainsi que de l'analyse socio-économique de la prise de décision chez les riziculteurs, le tout reposant sur des démonstrations au champ, le projet tenta de convaincre les producteurs qu'aucune application de pesticide n'est nécessaire durant les 40 jours suivants le semis. Le message fut reçu par 97% des riziculteurs de la province de Long An au Sud du Viêt-Nam et en 3 ans, le nombre de pulvérisations insecticides y aurait baissé de 3,4 à 1,6 applications durant cette période de 40 jours, sans perte de rendement en grain. La consommation d'insecticides dans cette zone du delta du Mékong aurait elle été réduite de 53%. Dans certains districts, 77% des producteurs stoppèrent toute application d'insecticides durant cette période du cycle. Au-delà de l'utilisation de connaissances sur le fonctionnement des communautés d'insectes ravageurs et de leurs prédateurs dans la rizière, ces projets ont montré toute l'importance de leur traduction en terme de politique agricole afin d'en démultiplier l'impact dans les villages. Ainsi, à la fin novembre 1998, les autorités vietnamiennes annoncèrent la fin de l'enregistrement d'insecticides destinés au contrôle des insectes enrouleurs des feuilles. L'importance de l'accompagnement de la promotion de la lutte intégrée par des mesures de politiques agricole incitatrices est aussi illustrée par le succès du programme indonésien initié dès 1986 suite à une nouvelle infestation majeure des rizières par la redoutée cicadelle brune. Le retrait du marché de plusieurs dizaines de molécules chimiques et l'abaissement des subventions sur les autres décidé par décret présidentiel, parallèlement à la formation en cascade de centaines de milliers de riziculteurs aux techniques de lutte intégrée dans le cadre des « farmers' field schools » créèrent un

environnement socio-économique favorable à sa diffusion. Dès les premières années de ce programme, la consommation de pesticides en rizière chuta de 50 à 90 % selon les provinces, les régions les plus affectées par les dégâts de ravageurs en rizière (comme la partie occidentale de Java) se montrant plus réceptives que les autres (partie orientale de Java). La crise économique qui a débuté en 1997 (se traduisant par une multiplication par 3 à 5 du prix des pesticides) et un nouveau retrait du marché de 28 matières actives en 1996 favorisent aussi ces dernières années une consommation encore plus parcimonieuse des pesticides importés. Les enquêtes récentes montrent que ces importantes réductions des applications de pesticides n'ont pas affecté les niveaux moyens des rendements en paddy, mais les auraient en plus stabilisés. Malgré des temps de travaux supérieurs, les rizières conduites en lutte intégrée avec seulement 0 à 3 pulvérisations chimiques dégagent une marge brute moyenne par hectare et par cycle supérieure de 28 euros par rapport aux casiers pilotés par lutte chimique seule. Des perfectionnements doivent encore être apportés à ce type de programme afin d'en améliorer l'efficacité et d'éviter leur essoufflement. Ainsi les liens avec la recherche ont besoin d'être renforcés, le coût total de ces programmes diminué et leur capacité à s'adapter à des infestations exceptionnelles, lors desquelles le recours à la lutte chimique est temporairement incontournable, correctement programmé avec les différents acteurs et institutions concernés.

Dans le domaine de la lutte contre les ravageurs et les maladies, en sus de l'apport de nouveaux gènes de résistances chez les riz cultivés depuis leurs parents sauvages, les riz transgéniques pourraient aussi venir au secours de la lutte intégrée afin de limiter les dégâts causés par certaines maladies (Bactériose du riz) et ravageurs (foreurs de la tige) majeurs. Les méthodes s'affinent et permettent maintenant d'empêcher la présence dans le grain des toxines insecticides issues de gènes *Bt*, voire même la production de cette toxine par la plante seulement en cas d'attaque par le ravageur. Hélas, la protection de telles découvertes par des dizaines de brevets empêchera sans doute leur utilisation en amélioration variétale dans les années à venir. Sans attendre, un plus grand soin apporté à l'état sanitaire des semences peut encore faire gagner jusqu'à 20% de rendement à la culture par simple élimination des grains décolorés, non remplis, infectés par des pathogènes ou des ravageurs, ou encore les lots contaminés par des graines d'adventices. Par rapport au passé, plus d'attention devra également être accordée à l'avenir à certains macro - ravageurs comme l'escargot doré et les rongeurs, dont les écologies en milieu rizicole sont encore mal connues et les méthodes de contrôles efficaces sur de vastes aires non encore disponibles.

Les recherches conduites dans le domaine de l'exploitation de la biodiversité visent à mieux comprendre les relations clefs maintenant la diversité des habitats ainsi que les distribution spatiales et temporelles de communautés d'organismes contribuant à la viabilité des agroécosystèmes par leur capacité à tamponner des infestations et pullulations d'espèces. Des connaissances sur la façon de gérer de façon intégrée des complexes de ravageurs et de maladies (et non plus une seule espèce) au niveau de l'exploitation agricole et de la petite région manquent encore cruellement pour que cette approche soit largement pratiquée par les riziculteurs. Au niveau du casier rizicole même, des progrès sont aussi attendus d'une meilleure compréhension du fonctionnement des communautés d'organismes présents, pouvant

atteindre 500 espèces d'arthropodes et d'insectes, dont seulement quelques unes sont potentiellement dangereuses pour la culture. Ces connaissances une fois disponibles seront mises à profit pour concevoir et tester des systèmes de gestion intégrée et durable de ces populations dans les parcelles cultivées : stratégies de déploiement de nouvelles variétés, d'agents de contrôle biologique, répartition spatiales des habitats rizicoles et non-rizicoles, zones refuges, etc.

Face à l'augmentation vertigineuse de l'utilisation des herbicides dans les rizières semées, afin d'économiser travail et eau d'irrigation, le concept de lutte intégrée pour la protection de la culture doit maintenant incorporer le contrôle des mauvaises herbes, dont les formes adventices de riz sauvages qui ont fait leur apparition en Asie<sup>19</sup>. Il est urgent d'éviter l'apparition de résistances aux molécules herbicides utilisées chez les mauvaises herbes majeures, tout comme de limiter les effets néfastes des herbicides sur l'environnement (contamination des sols et des nappes) et la santé des riziculteurs (maladies de la peau et gastro-intestinales notamment), tout en maîtrisant les coûts de production et en permettant une augmentation de la productivité du travail. Alors que la qualité des infrastructures d'irrigation se dégrade en de nombreux endroits, le recours aux herbicides tend à se répandre même dans les rizières repiquées où la compétition des adventices ne peut être contrôlée lors des pointes de travail au sarclage à cause d'une force de travail manuel souvent en contraction. Face aux inquiétudes croissantes de la société civile, les travaux sur les effets environnementaux de l'usage des herbicides en rizière irriguée vont être renforcés ainsi que ceux sur la résistance aux herbicides chez les populations d'adventices. La recherche de techniques de contrôle intégré des adventices, économes en eau et en travail, sera donc un secteur important de la recherche agricole en Asie durant les prochaines décennies.

### Cas de l'eau

Avec plus de la moitié des surfaces rizicoles en milieu irrigué, produisant les trois quarts du volume de paddy récolté en Asie, l'accès à l'eau d'irrigation doit pouvoir demeurer un moteur majeur de la croissance de la productivité rizicole, même si le volume consommé par tonne de paddy récoltée nécessite d'être fortement réduit comme nous l'avons vu ci-dessus. On considère actuellement qu'à l'échelle d'un périmètre irrigué classique, seulement 30% de l'eau apportée est directement utilisée par les plantes de riz. Le reste n'est, heureusement, généralement pas complètement perdu dans le milieu et peut-être, par exemple, capté en aval du périmètre en question. Mais il est évident que de meilleures coordinations entre les parties concernées par la gestion des systèmes irrigués et des bassins versants devront collectivement être mis en place afin d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de la ressource en eau au niveau de la petite région.

---

<sup>19</sup> Au début des années quatre-vingt, dans les rizières inondées de Sathing Phra au Sud de la Thaïlande, les riz sauvages étaient déjà l'adventice la plus redoutée des riziculteurs. Ceci pouvant être dû à l'existence en cet endroit, depuis des décennies, de pratiques traditionnelles du semis direct en sec (voir Trébuil *et al.*, 1984; Trébuil, 1987).

Durant les prochaines années, au niveau de la parcelle cultivée, les recherches porteront surtout sur l'évaluation de diverses alternatives à la culture du riz irrigué dans une lame d'eau permanente durant la presque totalité du cycle cultural. Ces nouveaux modes de gestion de l'eau à la parcelle pourraient aller du drainage du casier quelques semaines après l'installation de la culture et le maintien ensuite de la surface du sol à son niveau de saturation en eau sans submersion, à des conduites éliminant totalement toute phase de submersion et reposant sur des irrigations répétées à quelques jours d'intervalle. En théorie, de telles pratiques doivent permettre de réduire très significativement les importantes pertes en eau par percolation observées en riziculture irriguée conventionnelle, au prix d'une perte de rendement en paddy limitée pourvu que la surface de la rizière demeure saturée en eau. A moyen terme, les chercheurs, tout particulièrement en Chine où une importante « crise de l'eau » est à craindre, envisage de disposer d'un type de plante de « riz aérobie » permettant la production intensive de paddy avec un ratio poids du grain récolté / litres d'eau consommé hautement amélioré. Les rendements de l'ordre de 6 tonnes de paddy par hectare déjà obtenus en plusieurs endroits de la ceinture tropicale humide en riziculture pluviale à consommation d'intrants élevée et irrigation d'appoint par aspersion laissent penser qu'un tel objectif n'est pas utopique.

#### Vers des « technologies intensives en information »

Avec la diminution ou la disparition en cours des programmes de subvention du prix des principaux intrants rizicoles, afin de préserver l'environnement en milieu irrigué et d'y améliorer leurs revenus, les riziculteurs devront à l'avenir soit tenter d'obtenir un rendement accru en riz avec la même quantité d'intrants appliqués, soit maintenir leur niveau de productivité du sol mais en consommant moins d'intrants. Pour ce faire, la centaine de millions de riziculteurs concernée devra utiliser une information technique complexe, reposant sur des résultats scientifiques rigoureusement validés, compatible avec leurs propres connaissances et pratiques afin qu'ils puissent la substituer à une partie des intrants appliqués ou en améliorer l'efficacité.

Ces technologies « intensives en information » actuellement à l'étude nécessiteront de profonds changements dans les systèmes d'appui aux agriculteurs, encore trop souvent marqués par leur origine au début de la révolution verte et dont la réforme a été souvent longuement retardée. Leur qualité, à commencer par la qualité de la formation de leurs agents, devra souvent être sérieusement relevée afin que la mise à disposition de riziculteurs de l'information nécessaire et actualisée soit efficace. Il devront aussi être beaucoup plus décentralisés qu'auparavant et axés sur la satisfaction des besoins exprimés par les riziculteurs. Mais surtout leur mise en place nécessitera un renversement de la tendance à la diminution des efforts de financement de la recherche et du développement agricole observée depuis la fin des années quatre vingt. Cette tendance ayant pu être en partie causée par les succès remportés par la révolution verte rizicole en Asie fournissant l'aliment de base en quantité croissante et à des prix en baisse régulière. Ce renversement de tendance pourrait être aidé par une plus grande participation des organisations paysannes à cet effort



ainsi que par la ré-affectation des subventions aux intrants vers la mise en place de systèmes d'information efficaces. L'utilisation de tels systèmes d'aide à la décision pour appliquer ou ne pas appliquer l'intrant en question (engrais azoté, insecticide, fongicide, herbicide, etc.) devrait se répandre si le coût de l'accès à l'information est inférieur à celui de la quantité d'intrant ainsi économisée. Les politiques publiques de prix des intrants auront évidemment un impact important sur l'utilisation et la diffusion de tels systèmes d'information. Un exemple de ce genre d'outils pour l'aide à la décision chez les riziculteurs est l'utilisation de kits plus ou moins sophistiqués (de la bande de plastique colorée au petit appareil manuel de mesure du taux de chlorophylle de la feuille de riz) pour guider la fertilisation azotée du riz irrigué en production intensive.

## **5.2 Principales priorités de la recherche dans les agroécosystèmes à riz inondé en Asie**

Le constat d'échec d'une approche de la recherche sur la riziculture inondée similaire à celle employée dans l'agroécosystème irrigué, qui met l'amélioration variétale en tête des priorités, a été établi durant les deux dernières décennies. En conséquence, l'organisation actuelle de la recherche sur la riziculture inondée prend mieux en compte les caractéristiques propres à ce milieu (notamment sa plus forte hétérogénéité spatiale et variabilité temporelle) et prévoit un meilleur équilibre que par le passé entre les activités sur la conduite de la culture et la gestion des ressources d'une part et la sélection variétale d'autre part. C'est là une tendance que je juge positive, que l'on retrouve dans les nouveaux agendas de recherche sur les autres agroécosystèmes rizicoles non irrigués plus marginaux.

### *Mieux connaître et utiliser la diversité des situations*

Ici plus encore que dans l'agroécosystème irrigué, le développement d'une stratégie de recherche appropriée et l'établissement d'une hiérarchie pertinente des activités à conduire nécessite une compréhension approfondie du milieu, des pratiques des riziculteurs, des institutions et de l'environnement socio-économique influençant l'usage qui est fait des ressources. En particulier, une fine connaissance de la diversité des critères utilisés par les agriculteurs pour évaluer les innovations est indispensable, car il ne s'agit plus ici de maximiser la production par unité de surface. Les travaux passés dans ce domaine ont souvent été superficiels et ponctuels, parfois par manque de données de base sur un agroécosystème mal caractérisé, laissant des interactions essentielles non documentées.

Grâce aux avancées récentes dans les domaines des technologies de l'information et des systèmes d'information géographique (SIG), de réelles opportunités existent maintenant pour mieux intégrer les paramètres biophysiques et socio-économiques lors des analyses diagnostics sur les systèmes agraires. Ils contribuent de plus en plus à délimiter des zones relativement homogènes eu égard à la problématique du développement agricole local, ou au type de stress majeur auquel est confrontée la culture (sécheresse ou/et submersion profonde). Ils aident aussi à raisonner la dissémination d'innovations et à mieux comprendre

les déterminants de l'utilisation des terres. J'ai ainsi conduit des travaux de caractérisation dynamique de ce type d'agroécosystème, en ayant largement recours dès le milieu des années quatre vingt aux SIG et à la télédétection, au sud (Trébuil, 1988), à l'ouest (Trébuil *et al.*, 1994/O15), au nord-est (Harnpichitvitaya et Trébuil, 1999/C33) et au nord (Trébuil *et al.*, 2000) de la Thaïlande. A chaque fois, il s'agissait d'identifier différentes unités spatiales au sein desquelles des stratégies spécifiques, associées à des innovations technologiques et organisationnelles, pouvaient être en mesure d'améliorer la sécurité alimentaire et le revenu des producteurs avec de sérieuses chances de succès.

Depuis quelques années, l'IRRI a pris le leadership régional pour la mise en place de travaux coordonnés favorisant une approche écorégionale de la recherche en Asie humide au moyen du projet Ecor(I)-Asia (voir tome 1 du présent dossier). Reposant sur une étude intégrée des facteurs et conditions agro-écologiques, socio-économiques et politiques du développement rural à l'échelle de la petite région administrative (une province ou un district) ou « naturelle » (un bassin versant), cette démarche permet d'améliorer les connaissances sur les stratégies et la prise de décision en matière de gestion des ressources naturelles des riziculteurs et des communautés paysannes. Les produits de ces analyses - diagnostics, pouvant aller jusqu'à la construction d'un modèle régional représentant le fonctionnement du système agraire local, doivent permettre de mieux raisonner l'établissement des priorités de la recherche en fonction des demandes exprimées sur le terrain, ainsi que la diffusion des innovations locales ou introduites de l'extérieur. Les quelques sites - clefs déjà mis en place au Viêt-Nam et en Thaïlande ont été sélectionnés en fonction de quelques grands enjeux, jugés incontournables et rencontrés à divers stades de développement dans de nombreux pays. Ils correspondent à des conflits potentiels majeurs entre le développement économique, l'exploitation durable des écosystèmes et les équilibres sociaux. Les deux enjeux initialement retenus concernent les mécanismes de la diversification agricole et de l'intensification de la production alimentaire, ainsi que les phénomènes de dégradation des terres, plus particulièrement par l'érosion des sols.

#### *De nouvelles pratiques pour une meilleure adaptation aux contraintes du milieu*

Dans l'attente de percées majeures de la recherche conduisant à un nouveau type de matériel végétal mieux armé en matière de résistance à la sécheresse, à la submersion ou à la salinité, de nouveaux modes de conduite du riz inondé sont à l'étude afin d'augmenter modestement la productivité du sol et parvenir à des rendements moyens en paddy de 2,5 à 3 t/ha, mais surtout aussi afin de les stabiliser d'un cycle cultural à l'autre. Les nouveaux itinéraires techniques et systèmes de culture en cours d'évaluation reposent notamment sur le semis direct dès le début des pluies qui permet de valoriser le flux précoce de nitrates en tout début de saison humide afin d'obtenir un démarrage vigoureux de la culture, limitant la compétition des adventices, tout en tamponnant les effets des courtes sécheresses et inondations en phase végétative. Ces objectifs sont plus particulièrement poursuivis dans la moitié la plus favorable de l'agroécosystème à riz inondé où une seconde culture, généralement une légumineuse à graines à cycle court comme le pois chiche au Bangladesh ou l'ambrevade (ou pois d'Angole, *Cajanus cajan*) en Inde ou encore l'arachide au nord-est de la

Thaïlande, est parfois possible après la récolte du riz. Ces travaux doivent être intégrés avec ceux portant sur la gestion des risques au niveau des différents types d'exploitations agricoles présentes, et plus particulièrement l'analyse des stratégies de gestion de la main d'œuvre familiale dans un contexte où les migrations saisonnières et au long cours de la force de travail sont très répandues.

Même si les progrès doivent y être lents et de nature très variée selon les situations locales concrètes (cf. mon analyse de l'association entre le riz inondé et le palmier à sucre - culture mineure au rôle localement majeur - sur mon terrain de thèse au sud de la Thaïlande ; Trébuil, 1987), compte-tenu de l'étendue des superficies en riziculture inondée, de la pauvreté de la majorité des producteurs et du nombre généralement limité d'options disponibles dans ce milieu, ces recherches sont d'une grande importance dans de nombreux pays. Là où cet agroécosystème représente 40 à 50% des superficies rizicoles cultivées, les taux de retour sur investissement dans la recherche sur le riz inondé semblent d'ailleurs être déjà plus élevés que ceux obtenus en riziculture irriguée. Ceci du fait notamment que les producteurs réalisent en moyenne déjà environ 70% du potentiel de rendement du riz irrigué contre seulement 45% en riziculture inondée.

Les efforts d'amélioration du matériel végétal pour ajouter à une meilleure adaptation aux contraintes biophysiques du milieu (résistance à la sécheresse et tolérance à la submersion et aux problèmes liés au sol - salinité, composés aluminiques toxiques, etc.) n'ayant produit que des succès limités durant les vingt dernières années, de grands espoirs sont placés dans l'utilisation des nouveaux outils de la biotechnologie, de la génomique fonctionnelle et de la transgénèse, afin de guider plus efficacement la mise au point de variétés résistantes à ces principaux stress abiotiques. Si les biotechnologies végétales veulent avoir un impact dans le monde rural en développement, ce sont à ces stress abiotiques incontournables des agroécosystèmes non irrigués qu'ils doivent s'attaquer, même si la tâche est *a priori* plus complexe que dans le cas des stress biotiques. On peut penser que le fait que le riz ait été choisi comme plante modèle au niveau international pour la conduite coordonnée de tels travaux (à cause de son petit génome qui devrait être complètement séquencé dès 2005) accélérera quelque peu la mise au point d'un tel matériel végétal de nouvelle génération. Ainsi, récemment, un gène de tolérance à la submersion totale de la plante durant plusieurs jours a été identifié chez un écotype du nord-est de l'Inde et est actuellement en cours de clonage. Si l'importance potentielle d'une telle découverte est évidente, il faut je pense prendre en compte la part importante d'imprévisible qui demeure dans ce type de travaux de recherche afin de tempérer les enthousiasmes. Ainsi, je pense qu'aucun produit révolutionnaire de ce type utilisable au champ ne doit être attendu d'ici 2010 à 2020. Cependant, une fois disponibles, ces cultivars pourraient permettre une nouvelle expansion de l'aire de culture du riz inondé à des zones marginales actuellement non cultivées.

A plus court terme, le premier riz transgénique ayant été créé en 1995, des riz génétiquement modifiés résistants à certains agresseurs majeurs, contre lesquels les méthodes d'amélioration variétale conventionnelle ont échoué (comme les foreurs de la tige ou la pourriture de la gaine), devraient être plus rapidement disponibles. Mais leur diffusion sera

souvent impossible du fait du dépôt par le secteur privé de dizaines de brevets destinés à en protéger la propriété intellectuelle. Ainsi les riz capables de sécréter la toxine insecticide de *Bacillus thuringiensis* (riz Bt) déjà créés ne peuvent diffuser à cause de l'existence de quelques 67 brevets bloquant l'usage de ces cultivars au bénéfice des SNRA et des populations les plus démunies qui n'auront jamais les moyens d'acheter les gènes en question. Des mécanismes de collaboration entre les recherches publique et privée, similaires à ceux mis en place dans le cas du décryptage du génome humain ou de l'accès des populations pauvres aux derniers médicaments de l'industrie pharmaceutique, devront aussi je crois être inventés pour que les progrès des biotechnologies végétales puissent servir aux riziculteurs défavorisés et encourager de plus importants investissements publics et privés dans la recherche et le soutien à la production rizicole. Je pense que de tels mécanismes doivent prévoir l'annulation des royalties dans le cas où l'innovation technologique est destinée aux petits producteurs familiaux encore largement auto-subsistants, tandis que les produits de la recherche devraient pouvoir continuer à circuler librement entre les équipes travaillant sur une même thématique afin de ne pas entraver l'aboutissement de leurs recherches. Un rapprochement de la recherche publique avec son homologue privée (au moins une multinationale s'intéresse de très près au riz) semble incontournable pour que l'IRRI et les SNRA les plus avancés puissent continuer d'avoir accès aux meilleures technologies et matériel génétique. Mais la politique suivie par l'IRRI en matière de droits de propriété intellectuelle et de relations avec le secteur privé dans ce domaine est claire. Elle vise à faire en sorte que l'ensemble des produits de la recherche rizicole puissent bénéficier du statut de bien public international lorsqu'ils sont destinés à être utilisés par les franges défavorisées des paysanneries dans les pays en développement. Mais, petit David à côté du Goliath que constitue la recherche privée, les laboratoires publics auront-ils les moyens de mener à bien la mise au point de telles innovations ? Pour cela l'IRRI propose aux SNRA partenaires d'adopter une politique commune dans ce domaine.

L'Inde développe déjà de façon agressive ses propres centres d'excellence en biotechnologies et la Chine, qui a adopté une politique très volontariste dans ce domaine, semble bien être décidée à les mettre en place et à être intellectuellement autonome dans ce domaine. Ses équipes auraient déjà produits des plantes génétiquement modifiées (PGM) à partir de plus de 50 espèces végétales différentes et procéderaient actuellement à leur évaluation au champ. D'importantes productions commerciales de tabacs et de cotonniers transgéniques y couvriraient déjà plus d'un million d'hectares chaque année. L'impressionnante dégradation rapide de l'image des firmes privées travaillant dans le secteur des PGM a aussi récemment créé un nouveau contexte plus favorable à l'établissement de collaborations mieux équilibrées entre les recherches publique et privée au bénéfice des petits riziculteurs. Après des années d'efforts en formation scientifique et mise en réseau de jeunes chercheurs de plusieurs SNRA partenaires de l'IRRI, l'utilisation des marqueurs moléculaires et la transformation génétique du riz sont maintenant des techniques maîtrisées et pratiquées de façon routinière dans plusieurs pays. C'est le cas en Chine, en Inde, en Corée du sud, au Pakistan, ainsi qu'aux Philippines. En sus de la formation, dès 1986, l'amélioration de leurs équipements de laboratoire a été entreprise avec le soutien de la Fondation Rockefeller, suivie de la mise sur pied en 1993 du Programme asiatique en biotechnologies rizicoles. Durant

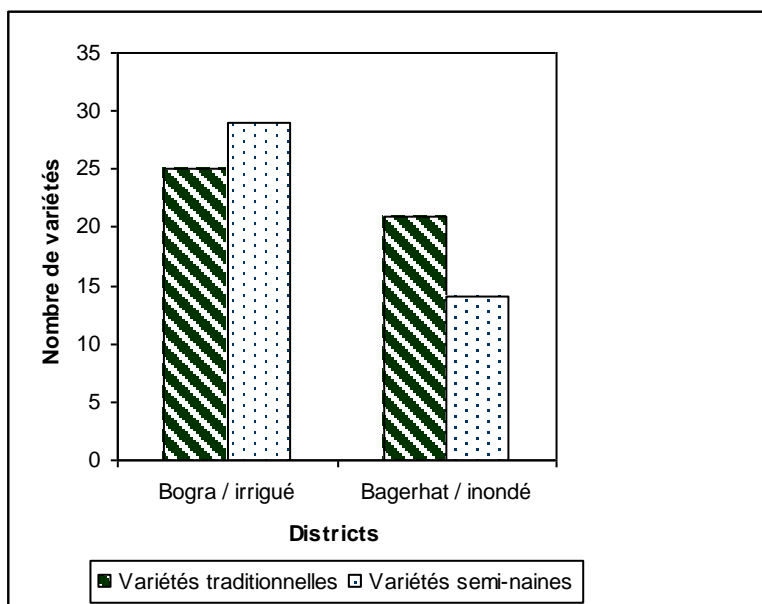
la première décennie de ses travaux, c'est plus de 110 millions d'euros qui auront ainsi été investis dans le développement de telles activités.

### *Conservation et promotion de la diversité génétique*

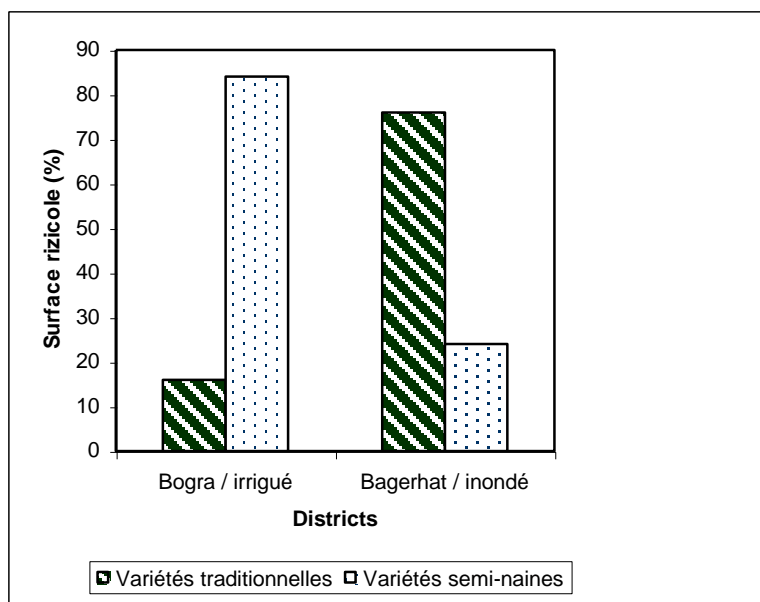
Je pense que l'accès à une diversité génétique très étendue du matériel végétal est un élément vital pour la recherche rizicole dans l'agroécosystème inondé à forte hétérogénéité spatiale. Avec d'autres auteurs, j'ai pu observer que le nombre de variétés utilisées par les riziculteurs en milieu inondé n'était souvent pas plus élevé que sur les périmètres irrigués. La figure 20 illustre une telle situation au Bangladesh en comparant les nombres de cultivars et les surfaces occupées par les deux grands types de matériel végétal utilisé par les riziculteurs dans deux districts contrastés : l'un, Bogra, s'adonnant principalement à la riziculture irriguée et l'autre, Bagerhat, dans lequel la riziculture inondée est très largement dominante.

Figure 20. Nombre de variétés cultivées (entre parenthèses) et pourcentage des surfaces rizicoles occupées par les grands types de variétés de riz dans deux districts aux agroécosystèmes rizicoles contrastés du Bangladesh.

#### a) Nombre de variétés cultivées



#### b) Pourcentage des surfaces rizicoles cultivées



Source : adapté de Lal Bose *et al.*, 2000.

Afin d'aider les chercheurs à accéder à une diversité génétique très étendue, l'outil constitué par la banque de gènes internationale en accès libre entretenue à l'IRRI pour le compte de la FAO (et dupliquée au Laboratoire national de stockage des semences dans l'Etat du Colorado aux Etats-Unis) est exceptionnel. Cette banque collecte de façon systématique les riz sauvages et cultivés depuis les années soixante dix. La collection planétaire devait être quasiment achevée en l'an 2000. La banque stocke actuellement plus de 82.000 accessions en provenance de plus de 110 pays. Elle procède à leur évaluation et met à la disposition des utilisateurs, sans restriction, un vaste pool de variétés traditionnelles, modernes ou sauvages, ainsi que du matériel végétal pour la bio-fertilisation des rizières (Azolles, cyanophycées, bactéries fixatrices d'azote, etc.). Le fait qu'environ la moitié des variétés de riz créées après le début de la révolution verte ait eu recours à des parents procurés par cette collection en montre l'importance stratégique. Suite aux troubles politiques majeurs et aux déplacements de populations des années soixante dix et de la décennie suivante, 765 échantillons de variétés traditionnelles cambodgiennes ont pu être retournées dans leur pays à la fin des années quatre vingt depuis la banque de gènes de l'IRRI afin d'y être multipliées. Sur les 34 variétés recommandées par les services agricoles khmers depuis 1990, 19 proviennent de ces échantillons. Suite à l'achèvement du projet de collection planétaire complète des ressources génétiques rizicoles, de nouveaux projets voient le jour afin d'encourager les plans d'action nationaux pour la conservation de ces ressources ainsi que des opérations de recherche sur leur conservation locale avec les riziculteurs. Mais parfois les calamités naturelles répétées peuvent à elles seules rendre les semences de variétés traditionnelles localement indisponibles. En de nombreux endroits à risques climatiques élevés (comme les régions soumises au passage répété de typhons), la conservation *in situ* doit à mon avis être articulée avec une meilleure préservation des semences par des réseaux de

multiplicateurs certifiés et stockant localement ces cultivars. La banque de gènes ne pouvant que restituer de très petites quantités de graines en dernier recours si nécessaire.

Les échanges organisés et sécurisés de matériel végétal rizicole du Réseau international pour l'évaluation génétique du riz (INGER<sup>20</sup>) coordonné par l'IRRI se poursuivent depuis 24 ans et mobilisent plus d'un millier de scientifiques dans 75 pays. En 1998, ce réseau a permis 258 essais variétaux dans 28 pays, dont 21 asiatiques. Dès la fin des années quatre vingt, plus des trois quarts des produits de croisements réalisés par l'IRRI ou ses SNRA partenaires ayant finalement conduit à une nouvelle variété recommandée étaient obtenus par l'intermédiaire du réseau INGER. On considère que son existence peut être tenue pour responsable d'environ un quart des variétés créées ces deux dernières décennies. Ce mécanisme d'échanges s'est ainsi avéré être un très puissant outil de dissémination Sud-Sud des variétés élites de riz, des centaines d'entrées de ses essais alimentant les programmes de sélection variétale de très nombreux pays producteurs. Il a aussi permis de limiter au minimum les coûts de transaction des programmes nationaux de recherche rizicole pour l'accès aux gènes désirés. Evenson *et al.* (1998) ont estimé à 2,8 millions d'euros le bénéfice annuellement tiré de la dissémination de chacune des nouvelles variétés de riz issue des programmes de sélection. Malgré cette rentabilité économique très élevée, le réseau INGER est aujourd'hui à la recherche d'une voie lui permettant de pérenniser ses moyens de fonctionnement, jusqu'ici largement dépendants d'un financement du PNUD. En mobilisant les directions des SNRA les plus avancés, il devrait à l'avenir pouvoir disposer de contributions plus significatives que par le passé en provenance des différents pays bénéficiant largement de ses activités.

#### *Amélioration de la qualité nutritionnelle du grain*

Des maladies, notamment infantiles, dues à des déficiences de la ration alimentaire en oligo-éléments sont encore largement répandues en Asie et plus particulièrement dans les zones rizicoles non irriguées. Ainsi le risque de cécité infantile causée par la déficience en vitamine A affecterait quelques 190 millions d'enfants en âge préscolaire et environ 350.000 d'entre eux deviendraient aveugles chaque année. Les carences en iode sont fréquentes en zones montagneuses et côtières, où cet élément est souvent lessivé dans le sol, et des dizaines de millions de personnes souffrent de goitres. La déficience en fer est aussi une cause très répandue de l'anémie qui affectent d'importantes populations, notamment féminines en Asie du Sud et du Sud-Est. Les consommateurs de riz mangeant des quantités importantes de cette céréale chaque année, toute amélioration de la teneur du grain en oligo-éléments de cette nature peut aider à réduire ces problèmes nutritionnels. Certes, une solution plus efficace consisterait en la diversification de la ration alimentaire par son enrichissement en légumes verts et en viandes, mais l'on sait que cette voie est hélas difficilement accessible aux populations des agroécosystèmes rizicoles non irrigués. Des lignées riches en fer et en zinc ont été obtenues par sélection conventionnelle à l'IRRI et des travaux similaires sont en

---

<sup>20</sup> INGER : International Network for Genetic Evaluation of Rice.

cours en Inde et en Thaïlande. Ainsi, si le grain non poli de la variété semi-naine et précoce IR64 largement cultivée contient 12 mg/kg de fer, celui de la lignée IR68144 fournit 20 mg/kg de fer et est aromatique. Des travaux sont aussi en cours afin de conférer à des riz transgéniques la capacité à assimiler le fer depuis le sol et à l'accumuler dans l'endosperme du grain. L'apport des techniques biotechnologiques, notamment l'usage des marqueurs moléculaires pour accélérer la sélection variétale, devrait permettre une meilleure compréhension des mécanismes en jeu et de la variabilité génétique disponible pour accomplir de tels progrès et provoquer un impact à moyen terme de ces recherches dans les zones cultivées.

L'expérience en cours à propos du « riz doré », au grain enrichi en un précurseur de la vitamine A, devrait conduire à la distribution de variétés au grain à teneur accrue en bêta carotène et autres caroténoïdes vers les années 2005-2006. Le riz doré est un riz transgénique dans lequel des gènes de jonquille et de narcisse ont été insérés. Il a été récemment inventé par l'Institut fédéral de technologie de Zurich (ETH) suite à de longs travaux de recherche soutenus financièrement par la Fondation Rockefeller (1992-2001), le gouvernement suisse (1993-2000) et l'Union européenne (1996-2000). De façon très médiatique, six grandes compagnies privées ont fait don des licences de propriété intellectuelle qu'elles détenaient afin que cette nouvelle technologie puisse éventuellement être disséminée gratuitement dans les pays en développement. L'IRRI a été chargé de l'évaluation de l'utilité et des risques éventuels du riz doré et a reçu ses premiers échantillons en janvier 2001. Un « Conseil humanitaire » pluri-partite a été mis en place pour superviser les travaux de recherche, faire préciser les besoins des populations par les SNRA concernés et faciliter la circulation de l'information à propos du riz doré. Si l'intérêt de cette technologie est confirmé, il est prévu que sa distribution soit placée sous la responsabilité des SNRA souhaitant l'utiliser. En grande partie grâce à l'expérience de la révolution verte rizicole, la plupart des SNRA d'Asie disposent de systèmes assez efficaces pour la production certifiée et la distribution des semences de riz, ce qui n'est pas le cas pour beaucoup d'autres cultures. Ces infrastructures de production de semences sont en mesure de relayer l'introduction des nouvelles variétés recommandées afin d'en accélérer l'impact dans les rizières.

A l'opposé, des pays traditionnellement exportateurs de riz à qualité du grain très recherchée comme les basmatis d'Asie du Sud ou le KDML 105 du plateau *Isarn* au nord-est de la Thaïlande ont je pense tout intérêt à travailler sur la mise en place de filière garantissant l'absence de PGM dans les lots exportés. Une amélioration importante de la traçabilité du produit est requise pour que ces pays puissent conserver leur avantage comparatif sur le marché et la confiance de leurs principaux acheteurs européens, nippons et des pays du moyen orient en particulier. La Thaïlande affiche une politique agricole clairement orientée dans cette direction. Mais elle devra trouver les mécanismes efficaces faisant barrage aux introductions illégales de riz transgéniques lorsque ces derniers seront cultivés en Chine ou au nord du Viêt-Nam.



*Information et formation : innover en matière de dissémination efficace de l'information pour l'aide à la décision chez les riziculteurs*

Alors que les avancées techniques ne peuvent plus être promues au détriment des ressources naturelles utilisées, que les problèmes des riziculteurs gagnent en complexité et que la diversité de leurs situations va croissante, tout comme dans l'agroécosystème irrigué, les conseils et technologies dont ils ont besoin doivent plus que jamais être taillés sur mesure et fondés sur plus de connaissances que par le passé. Les systèmes d'information pour leur dissémination et notamment la relation entre la recherche et la vulgarisation doivent s'adapter aux spécificités croissantes des demandes sociales. Pour cela, ici aussi les moyens modernes de communication et des systèmes d'information innovants doivent être mobilisés. Aujourd'hui, les sites de l'IRRI sur le réseau internet sont déjà visités par environ 10.000 utilisateurs chaque mois, tandis que, dès leur conception, beaucoup de nouveaux projets multi - équipes et multi - sites utilisent les réseaux électroniques pour faciliter et accélérer la circulation de l'information entre les différents partenaires. La capitalisation des connaissances prend de plus en plus souvent la forme de méga bases de données disponibles sur CD-ROM et sur le réseau internet. Ainsi le Système international d'Information sur le riz (IRIS<sup>21</sup>) en cours de constitution à l'IRRI rassemblera une somme considérable de données sur les ressources génétiques, l'amélioration du riz et les résultats sur l'évaluation des variétés, information jusqu'ici disparate et difficile d'accès dans les banques de gènes ou chez les sélectionneurs et les éco-physiologistes. Déjà le pedigree de quelques 600.000 variétés de riz a été intégré dans la base IRIS.

Le Centre de formation de l'IRRI a aussi commencé à offrir des cours à distance par le réseau internet vers l'Inde et la Thaïlande (le Bangladesh et le Viêt-Nam devant suivre) pour permettre aux chercheurs de ces SNRA de perfectionner leurs connaissances. Les vidéo - conférences sont elles utilisées pour des interventions spécifiques et de haut niveau. Les formations plus classiques de jeunes chercheurs à la production rizicole ont aujourd'hui tendance à être transférées sous la responsabilité de SNRA disposant d'avantages comparatifs pour les conduire au profit d'environ 200 à 300 participants chaque année. En ce qui concerne les doctorants, dont la proportion ne cesse d'augmenter, la tendance est également à une réalisation plus fréquente des travaux de recherche sur les sites - clefs des différents consortia par type d'agroécosystème rizicole dont j'explique les modalités de mise en place ci-dessous.

Par rapport à la période de la révolution verte, j'observe que dans chacun des grands types d'agroécosystèmes rizicoles, un équilibre approprié des travaux de recherche est aujourd'hui recherché entre l'accroissement durable de la productivité, surtout par manipulations génétiques, d'une part et la gestion durable des ressources naturelles d'autre part. Il m'apparaît que le besoin impérieux de satisfaire la demande en riz dans chacun de ces milieux associé aux marges de progrès qui y semblent accessibles, tendent encore à privilégier l'augmentation des rendements en riziculture irriguée, alors qu'une utilisation plus

---

<sup>21</sup> IRIS : International Rice Information System.

raisonnée et conservatoire des ressources productives est recherchée dans les autres agroécosystèmes rizicoles.

## 6. Conséquences du contexte post-révolution verte sur l'évolution de l'IRRI et la structuration de la recherche rizicole en Asie

*«L'IRRI n'a pas été créé pour le bénéfice des multinationales,  
L'IRRI existe à cause de la faim.»*

*Muhammad Yunus, Professeur et directeur de la Grameen Bank, Bangladesh.*

Depuis 1974, l'IRRI fait partie des seize Centres internationaux de recherche agricole (CIRA) supportés par le Groupe consultatif pour la recherche agronomique internationale (GCRAI), établi en 1971 pour accroître la production alimentaire et le bien-être des populations pauvres des pays en développement. Compte - tenu de son importance, de son mandat et de l'impact passé de ses travaux, il est souvent qualifié d'Institut porte-drapeau de ce système international de recherche agronomique, ses méthodes de travail étant fréquemment imitées par d'autres centres. Le GCRAI est notamment sponsorisé par l'Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la Banque internationale pour la reconstruction et le développement (BIRD, Groupe banque Mondiale), ainsi que les Programmes des nations unies pour le développement (PNUD) et pour l'environnement (UNEP). Ses membres comprennent à ce jour 58 pays donateurs (qui souhaitent depuis récemment se faire appeler « investisseurs » !), développés et en développement. En terme d'importance des contributions financières apportées aux recherches conduites à l'IRRI, les pays suivants apparaissent aux premiers rangs : le Japon, les Etats-Unis, l'Australie, l'Allemagne et l'Union Européenne. Des organisations internationales (Banque mondiale, Banque asiatique pour le développement, Programme des nations unies pour le développement) et régionales, ainsi que des fondations privées contribuent aussi très significativement au budget de l'IRRI.

Le GCRAI supporte des activités de recherche pouvant s'insérer sous un ou plusieurs des sept thèmes prioritaires et d'intérêt à long terme (tous commençant par la lettre « p ») qu'il a retenu afin de les justifier par rapport à des enjeux globaux. En voici la liste :

- populations : contribution à l'élimination de la pauvreté et à la sécurité alimentaire durable,
- productivité : accroître l'efficacité de l'utilisation des ressources,
- permanence : durabilité de l'usage des ressources naturelles,
- protection : préserver et prendre soin de l'environnement,
- préservation de la biodiversité,
- politiques et leur amélioration : insérer les perspectives paysannes dans la planification de la recherche et le développement de nouvelles technologies,
- partenariat.

Le budget annuel de l'IRRI a évolué ces dernières années entre 36 et 39 millions d'euros (dont 50% en coût du personnel), tandis que celui de l'ensemble du GCRAI avoisine les 380 millions d'euros. Face aux contraintes financières croissantes du système ces dernières

années, son Comité de conseil technique (TAC<sup>22</sup>) a recommandé une diminution de l'effort de recherche pour le développement de systèmes de production afin de libérer plus de moyens pour les actions en faveur de la protection de l'environnement, les autres axes stratégiques conservant leur importance initiale.

La première décennie des travaux de recherche de l'IRRI se focalisa sur l'augmentation du potentiel de rendement du riz irrigué en climat tropical humide au moyen de l'amélioration variétale classique des riz *indicas* et de la mise au point de techniques agronomiques (préparation du sol, établissement de la culture, irrigation, fertilisation minérale, protection chimique, opérations de récolte) accompagnant l'adoption des nouvelles variétés semi-naines créées. Il s'agissait en sorte de répliquer sur le riz et en conditions tropicales les résultats de la recherche obtenus après la seconde guerre mondiale sur les céréales en zones tempérées. Suite aux évaluations conduites à la fin des années soixante dix sur les effets de la première phase de la révolution verte rizicole, ce n'est que depuis les années quatre vingt que des tentatives similaires furent entreprises dans les autres écosystèmes rizicoles majeurs, hélas avec beaucoup moins de bonheur comme nous l'avons vu. Mais une redistribution des ressources, financières et en nombre de chercheurs, au bénéfice de la riziculture non irriguée fut alors amorcée.

Les problèmes devenant plus complexes, notamment dans les écosystèmes non irrigués où la révolution verte piétinait, c'est aussi durant les années quatre vingt que d'importants travaux d'études des pratiques des riziculteurs furent initiés afin d'évaluer leurs besoins en produits de la recherche et, en retour, d'en évaluer l'impact sur leur niveau de bien-être. Durant sa troisième décennie d'existence, l'IRRI renforça aussi ses services internationaux afin de consolider les SNRA. L'IRRI institutionnalisa la recherche en milieu paysan au moyen de l'approche «Farming Systems Research» (FSR), pendant anglophone du mouvement francophone de la recherche-développement sur les systèmes agraires (RDSA, voir tome 1 du présent dossier). C'est aussi à ce moment-là que les premières recherches en matière de protection de l'environnement furent entreprises, plus particulièrement dans les domaines de la lutte intégrée contre les maladies et les ravageurs de la culture afin d'aider à limiter l'usage des pesticides. Dès le début des années quatre vingt dix, les recherches visant à comprendre et à quantifier la contribution de la riziculture irriguée au réchauffement climatique global (par l'émission de grandes quantités de méthane surtout), ainsi que les effets d'un accroissement de température et du taux de CO<sub>2</sub> atmosphérique apparurent. Les travaux sur une meilleure gestion de l'eau à l'échelle de la rizière furent aussi renforcés lors de la dernière décennie et sont encore appelés à se développer, notamment de façon plus interdisciplinaire.

Depuis 1990, après avoir re-focalisé ses efforts de recherche vers «plus de riz, de meilleure qualité et produit de façon plus durable» (CGIAR, 1998), l'IRRI veut aussi être plus actif «aux frontières de la science agricole moderne». En conséquence, de lourds investissements ont été réalisés afin d'équiper des laboratoires de pointe en dans des

---

<sup>22</sup> TAC : «Technical Advisory Committee», instance du GCRAI basée à Rome.

domaines comme les biotechnologies et la physiologie post-génomique (phytotron), l'écologie systémique ou les systèmes d'information géographique (SIG). En même temps, et en partie grâce à ses précédents efforts, l'IRRI sait qu'il doit repenser son rôle dans la communauté de la recherche rizicole globale. Le nombre et le type de ses partenaires s'est en effet beaucoup accru et son environnement (y compris financier) est devenu de plus en plus mouvant et compétitif.

Aujourd'hui, alors que l'Institut vient de souffler ses quarante bougies, travailler à ou avec l'IRRI implique de se familiariser avec sa culture construite au fil des quatre dernières décennies. Elle peut être résumée sous la forme de la déclaration officielle de sa «mission» traduite dans l'encadré ci-contre. Pour atteindre son but, orienté vers la recherche de l'efficacité et de l'équité, l'IRRI considère qu'il ne suffit pas d'améliorer les revenus et budgets familiaux des franges les plus défavorisées des producteurs et consommateurs de riz. La recherche de l'amélioration de leur bien-être et celui de leurs familles doit aussi pouvoir se mesurer en termes de diminution des risques, de meilleure santé et nutrition, d'opportunités nouvelles et de moindre pénibilité du travail dans les rizières boueuses sous climat chaud et humide.

Cette «culture IRRI» est considérée par son management comme indispensable afin de pouvoir mettre en œuvre la stratégie à long terme de l'institut, établie en 1989, puis révisée en 1996. Pour être co-opté au sein de cet institut, tout nouveau chercheur doit pouvoir démontrer, notamment lors de multiples entretiens avec différents niveaux de la hiérarchie du personnel, la compatibilité de sa pratique professionnelle et de sa personnalité avec les valeurs cultivées et le contenu de la mission de l'IRRI. Bien que dominé durant ses deux premières décennies par des directions générales dominées par des américains, l'IRRI a connu une « période indienne » avec le leadership de M.S. Swaminathan durant les années quatre vingt, puis une « phase européenne » sous la férule de Klaus Lampe, suivie d'un « intermède australien » orchestré par George Rothschild et K.S. Fischer. Depuis deux à trois ans, bien que dirigé par l'américain Ronald Cantrell, l'IRRI semble être entré dans un « cycle chinois » conduit par le nouveau directeur scientifique Ren Wang, ancien vice-président de l'Académie des sciences dans son pays. Pour ma part, j'estime que la cohabitation d'une vingtaine de nationalités différentes parmi le personnel de recherche de l'IRRI fait d'un séjour dans cet institut une expérience professionnelle et personnelle extrêmement enrichissante.

## *Encadré 1. La mission de l'IRRI.*

### *Notre but :*

*Améliorer le bien-être des générations présentes et futures des producteurs et des consommateurs de riz, particulièrement ceux disposant de bas revenus.*

### *Nos objectifs :*

*Créer et disséminer des connaissances et technologies rizicoles à bénéfice environnemental, social et économique et aider au renforcement des systèmes nationaux de recherche rizicole.*

### *Notre stratégie :*

*Nous poursuivons notre but et nos objectifs au moyen :*

- de programmes interdisciplinaires, par type d'écosystème dans les environnements rizicoles majeurs*
- de la qualité scientifique des travaux, assurée par des divisions organisées sur des bases disciplinaires*
- d'initiatives de recherche anticipatrices, explorant de nouvelles opportunités scientifiques*
- d'un usage conservateur et responsable des ressources naturelles*
- d'un partage des ressources génétiques, des technologies et de la connaissance*
- de la participation des femmes dans la recherche et le développement*
- d'un partenariat avec les communautés d'agriculteurs, les institutions de recherche et les autres organisations partageant notre but.*

### *Nos valeurs :*

*Nos actions sont guidées par un engagement pour :*

- l'excellence*
- l'intégrité et la responsabilité du scientifique*
- l'innovation et la créativité*
- la diversité d'opinions et d'approches*
- le travail en équipe et en partenariat*
- le service aux clients*
- la diversité culturelle*
- la prise de conscience des inégalités entre hommes et femmes*
- la valorisation des connaissances locales*
- la protection de l'environnement.*

## 6.1 La stratégie générale de «l'IRRI vers 2020»

« Le rôle de l'IRRI consiste à évaluer, pas à promouvoir »  
R. Cantrell, Directeur général de l'IRRI, 2000.

L'évolution de la demande en riz par régions figure de façon proéminente dans la définition des priorités de la recherche rizicole à l'IRRI. Après trois décennies de révolution verte porteuse de succès majeurs dans l'écosystème à riz irrigué, ainsi que dans les zones les plus favorables de la riziculture inondée, la productivité de la terre et du travail restent encore très basses dans les écosystèmes inondés défavorables et pluviaux. Le souci d'équité et de recul de la pauvreté rurale implique le redoublement des efforts de la recherche afin d'aider à y améliorer la production rizicole et de stopper la dégradation d'environnements fragiles représentant près de la moitié des surfaces rizicoles globales et où vivent les franges les plus pauvres des sociétés. Dorénavant, l'IRRI y affecte une plus large part de ses ressources que par le passé. Les enjeux majeurs de la pauvreté et de la malnutrition, de la durabilité de la production rizicole intensive, de la conservation de l'environnement agricole et de la distribution équitable des bénéfices apportés par les nouvelles technologies demeurent et constituent largement les défis actuels de la recherche rizicole internationale (cf. ci-dessus).

Face à l'imposant enjeu rizicole asiatique à l'aube du 21ème siècle, la stratégie actuelle de l'IRRI part du principe que les intérêts des consommateurs et des producteurs de riz à bas niveaux de revenus ne pourront être protégés que si de nouveaux progrès technologiques augmentant les rendements et accroissant l'efficacité de l'utilisation des ressources naturelles rares voient le jour et sont efficacement disséminées au moyen de dispositifs institutionnels adaptés à la diversité des situations agraires et de politiques agricoles incitatrices. Cela passe notamment par une réduction des quantités d'intrants achetés et épandus pour diminuer d'autant les coûts de production et garantir ainsi le maintien des revenus des riziculteurs, tout en permettant aux couches populaires urbaines d'acquiescer leurs rations de riz à un prix acceptable.

De tels progrès doivent à nouveau être obtenus dans l'écosystème irrigué, qui a pourtant déjà été la source des fortes augmentations de la production lors des trois décennies précédentes, mais dont l'importance demeure stratégique. La conversion en rizières irriguées des surfaces actuellement cultivées en riz inondé, pluvial ou à submersion profonde n'étant généralement pas possible à des coûts économiques et environnementaux acceptables, des efforts doivent aussi être accomplis afin d'accroître la productivité rizicole dans les écosystèmes non irrigués et d'augmenter ainsi leur contribution à la satisfaction de la demande en riz projetée à l'horizon 2020. Car en l'absence des gains dans ces milieux rizicoles, dits «défavorables», car ils présentent de sévères contraintes biophysiques entravant l'intensification rizicole, les rendements moyens en paddy des rizières irriguées devraient encore bondir de 5 t/ha actuellement à 9 t/ha en 2025 pour que la demande en riz blanc puisse alors être satisfaite. Il s'agit là d'un niveau très proche du potentiel des meilleurs cultivars semi-nains actuels, éco-physiologiquement difficile à atteindre et souvent

économiquement non rentable, sans parler des risques accrus de dégradation de l'environnement qu'une surconsommation d'intrants chimiques (comme c'est déjà le cas par endroits en Chine) ne manquerait pas d'entraîner.

En misant sur un scénario comprenant une augmentation parallèle annuelle de 2% des rendements en riziculture inondée, ce qui ne sera pas aisé à obtenir, la pression sur les objectifs de rendement moyen de paddy en rizière irriguée se trouvera réduite. Une moyenne de rendement en riz irrigué de 7-8 t/ha en 2025 serait alors suffisante pour répondre à la demande des consommateurs. Pour mettre en œuvre ce scénario finalement retenu par l'IRRI, une élévation du potentiel de rendement du riz irrigué est toujours nécessaire. Mais cette fois, la stratégie adoptée par l'IRRI impose qu'un tel accroissement de la productivité physique, pour être écologiquement durable et socialement acceptable, soit rendu possible selon des modalités n'augmentant pas les risques de dégradation des ressources naturelles et de l'environnement.

Les deux objectifs généraux de l'IRRI, qui sont conduire des recherches rizicoles et renforcer les SNRA, sont complémentaires et l'institut doit en permanence trouver un équilibre entre ces deux fonctions se nourrissant mutuellement. Politiquement neutre et commercialement désintéressé, l'IRRI ne produisant que des biens publics à accès libre, l'institut peut servir de pont entre des systèmes politiques et économiques différents et servir de référence pour toute question scientifique liée à la riziculture d'où qu'elle puisse émaner à la surface du globe. Les collaborations ininterrompues avec des pays comme l'Iran et la Birmanie en témoignent. En particulier, le rôle clef joué par l'IRRI dans le domaine de la conservation, de l'évaluation et de la distribution des ressources génétiques rizicoles symbolise cette ambition de s'affirmer comme organisme de référence global en matière de recherche sur le riz.

Mais la plupart des problèmes critiques de la production rizicole sont aujourd'hui spécifiques à un écosystème particulier. La stratégie de l'IRRI a donc fait sienne la maxime «penser localement, agir globalement». L'amélioration de la pertinence des recherches conduites repose sur le développement d'une compréhension plus intime des systèmes de production rizicoles, de leur environnement, ainsi que des connaissances, pratiques et problèmes des utilisateurs potentiels de ses résultats de recherche. Ceci implique un contact étroit avec les communautés paysannes. Dans le cas du très important projet PETTRA (« Poverty Elimination Through Rice Research Assistance ») exécuté au Bangladesh par l'IRRI sur financement britannique, la nature des activités de recherche-développement maintenant mises en place a été définie après une phase de recueil des demandes d'appui des riziculteurs. Même si la direction générale actuelle de l'IRRI juge qu'il s'agit bien là d'une méthode « totalement appropriée » à la programmation de ses projets, en tant qu'institut international, l'IRRI rencontre plusieurs obstacles lorsqu'il s'agit de la mettre en action. Malgré son réseau de bureaux de représentation dans dix pays asiatiques, il ne dispose pas des avantages de proximité géographique des terrains et des connivences culturelles qu'ont ses principaux partenaires au niveau national comme les SNRA, les ONG, ou encore certaines entreprises du secteur privé. La distribution des bénéfices des investissements réalisés dans la recherche



rizicole dépend des politiques publiques mises en œuvre en matière de prix, de crédit, d'organisation des marchés, des structures agraires, d'amélioration des infrastructures rurales, voire d'éducation, ainsi que de la capacité des systèmes nationaux de recherche et de développement agricole à faire face aux questions qui leur sont adressées. Tout en assurant la promotion de ce type de recherches en sciences économiques et sociales sur les politiques agricoles au niveau des SNRA (le nombre de chercheurs de sa Division des sciences sociales a triplé ces douze dernières années), l'IRRI a choisi de renforcer en priorité son rôle de partenaire complémentaire en recentrant ses activités les plus importantes en amont de celles généralement conduites par les SNRA. Ceci notamment pour produire les connaissances encore manquantes sur des processus et mécanismes clefs, de nature biophysique tout comme socio-économique, dont la compréhension permettrait ensuite d'accéder à de nouvelles marges de progrès.

La stratégie choisie par l'IRRI est ainsi basée sur une approche systémique de la recherche, à des niveaux d'organisation complémentaire allant du fonctionnement du peuplement de plants de riz aux questions devant être posées à l'échelle des grandes zones agro-écologiques du continent. Soucieuse de comprendre les situations étudiées dans leur totalité, elle repose sur des programmes et projets interdisciplinaires, stimulant la créativité scientifique de spécialistes à l'interface des différents domaines scientifiques mobilisés. Elle est aussi fermement centrée sur les intérêts des riziculteurs et des consommateurs de riz et orientée vers la solution de problèmes méthodiquement et clairement hiérarchisés. Afin de la mettre en pratique et d'utiliser efficacement les ressources, de plus en plus limitées et ciblées, fournies chaque année par ses donateurs, l'IRRI a adopté une planification équilibrée de ses activités au moyen de programmes et de projets par type d'écosystème rizicole. En toute logique, leurs activités sont de plus en plus décentralisées sur quelques sites-clefs des principaux SNRA asiatiques.

## **6.2 Organisation matricielle, gestion par projets et fonctionnement de l'IRRI**

Les programmes de recherche de l'IRRI adoptent une approche interdisciplinaire et une gestion par projets à durée limitée dans le temps pour résoudre les problèmes prioritaires identifiés dans chacun des écosystèmes rizicoles. Chaque programme est planifié et exécuté en tenant compte de deux préoccupations essentielles pour l'institut:

- la pertinence interdisciplinaire et l'excellence scientifique des recherches à entreprendre d'une part et
- la nécessité de répondre directement à la demande en produits de la recherche exprimée par ses principaux partenaires, à commencer par les SNRA.

Un système de management matriciel croisant des programmes par écosystème (gérant la majorité des ressources financières de fonctionnement) et des divisions scientifiques par

disciplines principales (qui gèrent les ressources humaines et les principaux équipements de recherche) a pour cela été introduit à l'IRRI en 1990. Une représentation simplifiée de ce système est fournie dans le tableau 19.

Tableau 20. Représentation simplifiée de la matrice du management à l'IRRI en 1998.

Divisions, Centres et Services Par ordre d'importance en temps de chercheurs affectés (total en plein temps chercheurs IRS en 1998)	Intitulé des sept programmes (nombre de projets, total = 31)						
	IR (7)	RL (5)	UR (3)	FP (2)	CE (6)	GC (4)	IM (4)
Agronomie, physiologie végétale et agro-écologie (11)							
Amélioration des plantes, génétique et biotechnologies (10)							
Entomologie et phytopathologie (9)							
Sciences du sol et de l'eau (7)							
Sciences sociales (5)							
Centre des ressources génétiques (5)							
Centre d'information (3,5)							
Bureau de gestion des projets (1,6)							
Formation (1)							
Machinisme agricole (0,5)							
Soutien à la recherche (0,5)							

Nota : Intitulé des programmes : IR= riz irrigué, RL= riz inondé, UR= riz pluvial, FP= riz à submersion profonde, CE= programme inter-écosystèmes, GC= conservation des ressources génétiques, IM= accélération de l'impact de la recherche. IRS= « international recruited staff », chercheur recruté sur marché international « coiffant » une petite pyramide, plus ou moins élargie, de chercheurs juniors, post-doctorants, thésards, assistants, techniciens, etc.

Un tel fonctionnement matriciel se veut être le garant d'un équilibre entre la pertinence des réponses de la recherche conduite à l'institut par rapport à la demande de ses bénéficiaires d'une part, et la qualité scientifique des activités conduites, maintenues sans aucun compromis possible au standard international, d'autre part. Selon les termes de l'IRRI, «les programmes assurent que ce sont les bonnes recherches qui sont conduites, tandis que les divisions garantissent que les recherches conduites sont bonnes ».

Le rôle des leaders des différents programmes consiste surtout à mettre en place et à stimuler une coopération interdisciplinaire effective, tandis que celui du leader de division scientifique doit avant tout assurer la qualité des travaux de recherche conduits par ses chercheurs. Avec le temps, la matrice des programmes de recherche a fait la preuve de son

efficacité en tant que mécanisme de mobilisation de compétences, en provenance de plusieurs disciplines scientifiques, nécessaires pour atteindre les objectifs clairement définis des projets de différents programmes. La structure de management matriciel permet aussi une bonne réactivité, en organisant les nécessaires suivis et ajustements imposés par les changements permanents dans l'environnement de l'institut, ainsi que la limitation des risques de domination injustifiée d'un programme ou d'une division sur les autres. Ainsi, face à la lenteur des progrès enregistrés dans les écosystèmes non irrigués, une fusion des trois programmes concernés a été adoptée lors de la définition du nouveau plan à moyen terme 2002-2004. Cette simplification de la matrice devrait permettre d'investir plus efficacement les ressources humaines disponibles là où les chances de succès sont les plus grandes, notamment en renforçant les recherches sur l'amélioration de la riziculture inondée.

Combiné avec le mécanisme des consortia par type d'écosystème rizicole, qui associent de plus en plus étroitement l'IRRI avec les SNRA les plus puissants du continent autour de thèmes de recherche stratégique choisis en commun, le fonctionnement matriciel permet aussi à l'IRRI de s'adapter à une nouvelle répartition sur une base régional (selon les grandes zones agro-écologiques définies par la FAO) du travail de recherche agronomique internationale actuellement promue par le GCRAI, sans avoir pour cela à modifier en profondeur son organisation structurelle ni ses programmes.

Les programmes se voient attribuer environ 80% des ressources financières pour le fonctionnement des recherches de l'institut. Si le programme riz irrigué absorbe toujours une majorité de ces ressources (54% en 1998), leur distribution tend ces dernières années à renforcer les efforts accomplis en faveur des trois autres écosystèmes majeurs. L'acuité des problèmes de pauvreté, de croissance rapide de la demande en riz et de moindre développement des capacités de recherche qui y prédominent justifient facilement une telle évolution.

Chaque programme comprend quelques projets complémentaires. Leur construction et leur présentation affichent les étapes successives à franchir, les indicateurs de progrès pour le suivi des activités, ainsi que les moyens de vérification correspondants pour atteindre, en quelques années, l'objectif final qui les justifient. Ceci prépare et facilite le suivi-évaluation des différentes activités prévues pour chacun des produits attendus, lors de revues internes en cours d'exécution des plans à moyen terme. D'autre part, dans les quelques domaines pour lesquels les divisions disposent d'une excellence scientifique reconnue, des revues externes, conduites par des chercheurs extérieurs à l'institut et reconnus pour leur leadership international sur le thème en question, participent à l'amélioration continue des compétences et de la qualité des recherches. Au niveau de l'institut, un comité, supporté par l'unité de biométrie, accentue encore l'effort de recherche de la qualité et de la responsabilité en s'assurant que chaque projet est entrepris et conduit de manière efficace, scientifiquement rigoureuse et au moyen de méthodes actualisées afin que les chances d'atteindre les objectifs assignés soient élevées. Enfin des revues externes de projets ou de composantes importantes de programmes, comprenant des représentants de SNRA partenaires, d'ARI, ainsi que des

donateurs concernés, sont couramment utilisées comme mécanismes de suivi-évaluation des activités de recherche.

Malgré une organisation rigoureuse de ses activités, face à un environnement international du financement de la recherche agronomique incertain et plutôt en contraction ces dernières années, l'IRRI a dû se séparer d'une partie de son personnel à trois reprises depuis 1990. Son personnel total est ainsi passé d'environ 1.400 à un peu plus de 1.000 personnes durant la dernière décennie. Cette réduction a permis de réduire des coûts fixes et en personnel non scientifique afin de préserver une masse financière et des ressources humaines en quantité suffisante pour l'exécution d'un agenda de recherches visant à résoudre un nombre de grands problèmes, certes en nombre de plus en plus restreint mais souvent de plus en plus complexes et interdépendants (tableau 20).

Tableau 21. Evolution du personnel scientifique de l'Institut international de recherche sur le riz basé aux Philippines entre 1979 et 1999.

Disciplines /Année	1979	1989	1999
Amélioration variétale, biotechnologies, ressources génétiques et physiologie végétale	39	59	71
Agronomie et agro-écologie	20	52	42
Entomologie et phytopathologie	22	47	38
Sciences du sol et de l'eau	17	34	31
Sciences économiques et sociales	18	25	21
Centres de formation et d'information	11	15	13
Machinisme agricole et ferme expérimentale	14	15	10
Représentations auprès des SNRA	32	17	25
<b>Total personnel scientifique</b>	<b>173</b>	<b>264</b>	<b>251</b>

Sources : rapports annuels de l'IRRI pour 1979, 1989 et 1999.

Nota : le personnel scientifique pris en compte inclut les chercheurs philippins, ou d'autres pays asiatiques, sous contrat avec l'IRRI et disposant au moins d'un diplôme de maîtrise, ainsi que les post-doctorants et les chercheurs rattachés à un projet spécifique. Les consultants et les scientifiques de passage pour de courtes durées ne sont pas pris en compte.

Le nombre de chercheurs recrutés sur marché international (IRS<sup>23</sup>) a toutefois diminué ces dernières années. Il est passé de 81 personnes en 1992 à 60 en 2001. L'IRS constitue l'unité de distribution des ressources financières au sein des programmes et projets (10% de temps IRS = x milliers d'euros par an, avec x généralement plus élevé pour un biotechnologue ou un sélectionneur variétal que pour un agronome ou un chercheur en sciences sociales !). Chaque chercheur IRS, affecté à une division, alloue son temps de travail à des

<sup>23</sup> IRS : « international recruited staff », chercheur recruté sur marché international « coiffant » une petite pyramide, plus ou moins élargie, de chercheurs juniors, chercheurs associés, post-doctorants, thésards, assistants, techniciens, etc.

« produits attendus », au sein d'équipes interdisciplinaires dans quelques projets (généralement 2 ou 3 appartenant à deux programmes différents) figurant dans la programmation à moyen terme de l'institut.

Si durant les quinze premières années de son existence, alors que la vaste majorité de ses travaux étaient focalisés sur la riziculture irriguée au milieu plus homogène, l'IRRI opérait de façon centralisée à partir de son fameux Centre de recherches établi sur les terres de l'Université des Philippines à Los Baños, cette période est aujourd'hui révolue. L'importance croissante accordée aux écosystèmes rizicoles non irrigués a conduit à une décentralisation géographique croissante des activités de recherche, au fur et à mesure du renforcement des principaux SNRA rizicoles asiatiques et de l'apparition de multiples nouveaux partenaires (ONG, ARI, secteur privé, etc.).

### **6.3 La définition des priorités de recherche : un exercice en trois temps**

Pour la définition des thèmes de recherche prioritaires servant de support à l'élaboration de ses plans à moyen terme, l'IRRI a adopté une démarche en plusieurs étapes impliquant à la fois des analyses objectives lorsque cela est possible et des jugements subjectifs dans les autres cas.

#### *Allocation des ressources par grand type d'écosystème rizicole*

Dans une première étape, l'institut décide d'une allocation de ses ressources par régions et grand type d'écosystème rizicole, sur la base :

- de données statistiques nationales et régionales quantifiant les facteurs influençant la demande en recherche rizicole par pays, ou grandes régions du pays dans le cas de l'Inde et de la Chine,
- des buts et principaux axes thématiques retenus par le management du GCRAI, ainsi que
- les valeurs d'une série de paramètres et modificateurs reflétant les objectifs de l'IRRI tels que définis dans son plan stratégique en terme de productivité, d'équité et de durabilité.

Les quatre principaux paramètres utilisés, avec un poids égal, lors de cet exercice sont les suivants :

- les projections à dix ans sur la demande en riz afin de refléter l'objectif de productivité,
- les données sur la malnutrition calorique en regard de l'objectif d'élimination de la pauvreté et d'équité,

- les proportions des surfaces rizicoles cultivées respectivement en écosystèmes non irrigués, afin de refléter la préoccupation liée à la durabilité de l'exploitation des ressources naturelles, et celles cultivées en monoculture irriguée intensive, avec double ou triple culture annuelle comme second indicateur du risque de dégradation de l'écosystème,
- la capacité de recherche des différents SNRA asiatiques afin d'évaluer les sources alternatives d'efforts de recherche rizicole mobilisables hors de l'IRRI (nombre de chercheurs travaillant sur les rizicultures, montants des moyens financiers de fonctionnement et qualité des équipements de recherche scientifique disponibles, etc.).

Les deux modificateurs de ces paramètres fondamentaux retenus dans l'exercice le plus récent ont été :

- la disparité homme-femme, telle que mesurée par le «gender-related development index» du PNUD,
- l'importance de l'écart au potentiel des rendements nationaux ou régionaux obtenus en riziculture irriguée intensive, ceci afin de pouvoir renforcer aux endroits pertinents les efforts de dépassement des plafonds de rendement actuels et de gestion durable du complexe sol - eau en riziculture irriguée intensive pour éviter le plafonnement de la productivité physique du sol dans les pays où les riziculteurs approchent déjà de très près le potentiel climatique actuel.

En ce qui concerne la distribution géographique des priorités de recherche rizicole, le résultat d'un tel exercice obtenu en 1997 indiquait que 44% des ressources de la recherche rizicole internationale devraient être investis en Asie du Sud, 23% en Asie du Sud-Est tout comme en Extrême-Orient, et enfin 5% et 3% respectivement en Afrique et en Amérique latine. Les niveaux de priorité ainsi obtenus pour l'Asie du Sud et l'Afrique sont bien plus élevés que leurs parts respectives dans la demande globale en riz, ceci principalement à cause d'une plus grande incidence de la pauvreté et de l'insécurité alimentaire, ainsi que d'une plus grande fréquence des systèmes de production rizicole non irriguée dans ces régions. En revanche, le niveau de priorité obtenu pour l'Extrême-Orient est bien inférieur à la part de cette région dans la production et la consommation de riz à cause cette fois de niveaux de revenus moyens relativement plus élevés, de taux de croissance démographique déjà fortement ralentis, d'une diminution prévue de la consommation de riz par habitant et de la présence de SNRA relativement mieux armés pour relever les défis rizicoles spécifiques à cette partie du continent Asiatique. Enfin les pays affichant des niveaux de priorité bien supérieurs à leur part de la demande rizicole sont ceux où une plus grande concentration de la pauvreté est observée. Il s'agit principalement de l'Inde orientale, du Bangladesh, du Népal, de la Birmanie, du Cambodge et du Laos.

En ce qui concerne l'allocation des ressources entre les quatre différents types d'écosystèmes rizicoles, les résultats obtenus par ce même exercice proposent l'attribution

de 54% des moyens de la recherche en riziculture irriguée, contre 24% en riziculture inondée, 12% sur le riz pluvial et 10% pour la riziculture à submersion profonde et des zones côtières. Les degrés de priorité ainsi obtenus pour les différents écosystèmes non irrigués sont bien supérieurs à leurs contributions respectives à la production globale en riz (qui en 1997 étaient estimées à 18%, 3,8% et 3,3% respectivement pour le riz inondé, le riz pluvial et le riz à submersion profonde et des zones côtières). En contrepartie, elles sont proches de leurs parts relatives dans la superficie rizicole totale récoltée. Ceci est dû au fait que ces zones présentent une plus forte concentration de populations pauvres, de plus importantes disparités sociales entre hommes et femmes, des taux de croissance démographique et de la demande en riz encore élevés, ainsi que des capacités en recherche rizicole encore relativement peu développées.

### *Allocation des moyens de recherche entre les différents programmes*

La seconde étape consiste à poursuivre l'allocation des moyens de recherche entre les différents programmes en considérant :

- les besoins du moment et à venir selon les résultats des exercices de prospective à moyen terme conduits lors de l'étape précédente,
- les liaisons possibles entre les différents programmes par type d'écosystème rizicole et les effets d'entraînement escomptés (comme par exemple l'impact positif d'une amélioration de la gestion des terres en pentes dans l'écosystème à riz pluvial sur le fonctionnement des systèmes rizicoles irrigués à forte productivité des plaines et des deltas),
- le type de soutien à apporter aux différents SNRA en fonction de leur stade de développement et de leurs propres programmes de recherche rizicole, et enfin
- les activités futures prévues en fonction des résultats récents obtenus.

A ce niveau, les priorités sont établies au moyen de jugements surtout subjectifs basés sur l'expérience considérable accumulée par l'institut. Le programme inter-écosystèmes produit des connaissances et des outils de recherche innovants (en biotechnologie, en modélisation des plantes et des systèmes complexes, etc.) pouvant trouver des applications concrète dans les autres types de programmes par écosystème rizicole majeur. Il est en particulier en charge du développement de concepts et de méthodologies pour l'analyse des relations entre les composantes des systèmes étudiés (de la plante à la zone agro-écologique), ainsi qu'en matière d'intégration interdisciplinaire et multi-échelles des connaissances. Il entreprend aussi des projets de recherche anticipative, à long terme et à risque d'échec élevé mais à impact potentiel considérable, aux frontières de la science rizicole qui rehaussent l'image de l'institut dans la communauté scientifique internationale. Ce type de projets axés sur les « nouvelles frontières scientifiques » (visant par exemple la création de riz pérenne, riz fixateur d'azote, riz apomixique, riz allélopathique, etc. Voir plus en détail ci-



dessous en 5.4) confortent le rôle d'acteur global de l'IRRI dans le monde de la recherche. Durant les dernières années, cette fonction stratégique a valu à ce programme d'être doté d'environ un tiers des ressources de l'institut, contre 36%, 16%, 8% et 7% respectivement pour les programmes riz irrigué, riz inondé, riz pluvial et riz à submersion profonde et des zones côtières. Les effets bénéfiques escomptés d'une meilleure conservation du sol et de l'eau dans l'écosystème à riz pluvial sur les autres écosystèmes situés à moindre altitude valent à ce petit programme un surcroît de ressources. Les investissements des SNRA nationaux indiens et thaïs permettant par ailleurs à l'IRRI de limiter sa contribution dans l'écosystème à riz d'eau profonde et des zones côtières.

En réponse aux nouveaux axes stratégiques intitulés «sauvegarder la biodiversité » et « renforcement des programmes nationaux » décidés par le GCRAI, l'IRRI a aussi créé deux nouveaux programmes correspondants sur la gestion des ressources génétiques ainsi que « l'accélération de l'impact de la recherche rizicole ». Ce dernier programme vise à favoriser le renforcement institutionnel des SNRA, de façon à améliorer la qualité et la pertinence des recherches qui y sont entreprises, ainsi que les méthodes et les outils de dissémination des produits de la recherche auprès des différentes clientèles afin de favoriser le recul de la pauvreté, le renforcement de la sécurité alimentaire ou l'amélioration de la gestion des ressources naturelles. Les modalités de ses interventions sont modulées en fonction du stade de développement du SNRA concerné (voir détails ci-dessous). Les moyens de ce programme sont principalement attribués aux institutions de trois pays : l'Inde (29%), la Chine (24%) et le Bangladesh (11%). Mais dans ce domaine, les ajustements sont multiples, notamment en fonction de la présence ou de l'absence dans un pays donné de grands projets bi- ou multilatéraux pouvant constituer des partenaires de choix afin d'y renforcer significativement et assez rapidement le continuum recherche - développement - formation rizicole. La nécessité d'investir un minimum critique de moyens permettant d'espérer un impact à moyen terme (5 ans) et de possibles effets d'entraînement au niveau régional est aussi prise en compte.

#### *Priorités et construction des projets dans les différents programmes*

Enfin, la troisième étape de la programmation des activités consiste à affiner les priorités de recherche pour chacun des différents projets constituant les programmes. En 1998, l'IRRI affichait 31 projets distincts abrités dans sept programmes. Ce nombre de projets était déjà en diminution par rapport aux années passées et a encore été ramené à 27 projets (dont 19 de recherche et 8 de services - formation, échanges de matériel végétal, etc.) dans six programmes pour la période 2000-2002. A ce stade, la programmation des activités et des produits attendus par projet opère de la base vers le management de l'institut et repose largement sur l'expérience des chercheurs œuvrant dans les programmes concernés. Elle est élaborée au moyen de la méthode du cadre logique pour la planification de la recherche agricole mise au point par une équipe de l'Université Humbolt de Berlin (Schubert *et al.*, 1991). Cette méthode, récemment élargie à l'ensemble du GCRAI, prend en compte :

- les bénéfices escomptés d'une solution par la recherche des problèmes à hiérarchiser,

- les chances de succès de telles recherches,
- la vérification que les résultats pourront bien être considérés comme des biens publics,
- les travaux et plans d'action des autres partenaires également fournisseurs de recherche sur le thème considéré et l'existence ou non d'un avantage comparatif de l'IRRI dans ce contexte,
- la capacité de l'institut à conduire les recherches proposées, notamment en terme de masse critique de chercheurs compétents et de moyens de recherche scientifique mobilisables sur le thème évalué.

Sur la base d'hypothèses sur l'évolution à moyen terme de l'environnement du programme considéré, la méthode du cadre logique est appliquée pour définir successivement :

- les problèmes clefs à résoudre, chacun ayant vocation à se traduire en un projet,
- les objectifs, généraux et spécifiques, à atteindre pour chacun d'entre eux,
- les contraintes à prendre en compte pour atteindre ces objectifs, ainsi que
- les produits attendus potentiels pouvant être espérés.

Puis, les projets de chaque programme une fois identifiés, une fiche de présentation type est rédigée par projet selon un plan facilitant l'établissement des rapports d'activités au GCRAI reprenant ses principaux axes stratégiques. Cette fiche justifie rapidement le projet et en présente les objectifs. Les activités de recherche prévues y sont brièvement décrites, ainsi que les produits attendus en fin de projet et leur impact espéré. Elle détaille aussi les différents types de partenariats mis en œuvre dans son exécution (SNRA, ARI, ONG, secteur privé, etc.), ainsi que son calendrier de réalisation. Celui-ci inclut des indicateurs de vérification des progrès accomplis destinés à faciliter le suivi-évaluation de l'exécution du projet et du plan à moyen terme de l'institut dans son ensemble. Chaque projet se voit aussi allouer une quantité du temps de chercheurs IRS en vue de la constitution d'une équipe interdisciplinaire dont la composition reflète les compétences disciplinaires requises pour traiter le problème à résoudre.

Ces fiches par projet sont ensuite revues par les responsables des divisions par champ disciplinaire, afin d'en vérifier la qualité scientifique et la faisabilité des activités proposées. Au sein des divisions, des réunions de chercheurs se tiennent alors pour établir des priorités parmi les activités de recherche proposées si nécessaire. Les critères de jugement appliqués ici ayant trait au caractère innovant de la proposition, à la probabilité de succès, à

l'identification d'une autre institution de recherche pouvant prendre en charge l'activité, au rôle de l'IRRI en fonction de son mandat et de sa « niche » dans le système global de recherche rizicole qu'il contribue activement à mettre en place, etc. C'est ainsi que lors de cette dernière étape de la programmation des recherches, une véritable revue interne des projets et de l'allocation des moyens demandés est effectuée au niveau de l'ensemble de l'institut. Elle s'étend sur deux ou trois jours et mobilise tous les chercheurs.

#### **6.4 Système global et division internationale du travail en recherche rizicole**

Parmi les principales raisons qui sont à la source de la globalisation renforcée de la recherche rizicole ces dernières années nous retiendrons :

- l'élargissement des thèmes de recherche à des disciplines (génomique, bio-informatique, systèmes d'information, modélisation des systèmes complexes, etc.) et écologies rizicoles auparavant peu représentées, avec pour conséquence
- une plus grande importance accordée aux mécanismes de partenariat, selon les avantages comparatifs de chacun, dans la conduite des activités,
- l'amélioration très sensible des capacités de recherche de nombreux SNRA asiatiques,
- la constitution de fora régionaux tels que le Conseil pour la recherche collaborative sur le riz en Asie (CORRA) et l'Association des institutions de recherche agricole pour l'Asie-Pacifique (APAARI) dont les avis pèsent dorénavant significativement lors de la définition de l'agenda de recherche de l'IRRI,
- les pressions exercées dans ce sens par les financeurs de la recherche,
- les inquiétudes concernant la durabilité de l'exploitation des ressources naturelles des écosystèmes rizicoles, notamment dans les zones irriguées à forte productivité du sol,

Si l'IRRI est encore considéré comme le centre majeur d'activités concernant l'amélioration des riz *indicas* pour les zones tropicales et subtropicales, ainsi que pour la diffusion des technologies rizicoles vers les pays en développement, à l'avenir il pourrait ne pas être le principal fournisseur. Cette nouvelle division internationale du travail de recherche rizicole est d'ailleurs bien reflétée dans l'intitulé du plan à moyen terme 1998-2002 de l'IRRI : « *Sustaining Food Security Beyond Year 2000 : A Global Partnership for Rice Research* ». Les leaders des dix principaux SNRA rizicoles asiatiques (également membres du CORRA), dont la Chine et l'Inde, furent d'ailleurs invités à l'IRRI afin de participer à la préparation de ce plan à moyen terme et notamment de conseiller l'IRRI sur sa stratégie de partenariat ainsi que les modalités souhaitables pour sa mise en œuvre.

*Renforcement des partenariats et diversification des modes de collaboration*

Généralement initiée durant les années soixante, suite à la fin de la période coloniale qui accordait la priorité aux cultures d'exportation, la phase de mise sur pied et de construction de SNRA accordant une grande importance aux cultures vivrières, à commencer par l'établissement d'un programme national de recherche rizicole, touche à sa fin. En Asie, cette phase de construction des composantes rizicoles des SNRA a été le plus souvent conçue avec l'appui et parfois même sur le modèle de l'IRRI.

Très souvent, les responsables de ces « instituts de recherche rizicole » par pays sont d'anciens boursiers de l'IRRI. Des années soixante à la fin de la décennie quatre vingt, les financements affectés à l'accroissement des capacités de recherche de ces SNRA augmentèrent très rapidement, à un rythme supérieur à 6% par an. Ce rythme s'est ensuite bien ralenti depuis, la raréfaction des moyens financiers conduisant même à la réduction des activités de recherche dans certains pays, sans que le SNRA en question puisse efficacement prendre le relais. Les institutions de recherche mises en place durant « les années dorées » de la recherche agricole en Asie, en pleine révolution verte, s'avèrent même parfois assez inadaptées pour affronter aujourd'hui les nouveaux enjeux, notamment car elles sont dotées de budgets plus austères ces dernières années. Les ressources affectées par l'IRRI au soutien des SNRA ont ainsi diminué de 20% du budget global de l'institut en 1993, à 16% en 1996, puis à 8% en 1998.

Depuis sa création, l'IRRI a contribué à la formation de plus de 8.000 chercheurs (dont 90% d'asiatiques) qui aujourd'hui œuvrent dans des SNRAs fortement influencés par les formations reçues par ces cadres. Plus de 700 d'entre eux ont étudié à l'IRRI pour leur maîtrise et plus de 500 pour leur doctorat. Dans des pays clefs comme le Viêt-Nam, l'Indonésie ou le Bangladesh, la majorité du personnel de recherche senior est constituée de chercheurs formés à l'IRRI. Les financements de l'IRRI affectés à la formation de cadres des SNRA, après avoir plafonné à près de 4,5 millions d'euros en 1981, sont aussi en diminution depuis et représentaient moins de 1,7 millions d'euros en 1995. Mais, les formations offertes sont maintenant de niveau plus élevé, avec, depuis 1990, une majorité de stagiaires déjà détenteurs d'une maîtrise ou d'un doctorat. Elles sont aussi plus diversifiées, tandis que les formations de base à la production rizicole intensive ou à la conduite de l'irrigation, sont, depuis une dizaine d'années, prises en charge par les SNRA les plus puissants.

Le tableau 21 présente l'évolution récente du nombre de scientifiques travaillant dans la recherche rizicole pour une sélection de SNRA asiatiques. Dans le cas de la Chine, le nombre du personnel de recherche agricole a augmenté à un rythme moyen annuel de plus de 7% depuis le début des années soixante et était estimé à environ 200.000 chercheurs en 1996. Les budgets totaux pour la recherche rizicole s'élevant chaque année de près de 6%. La Chine dispose aujourd'hui de la plus importante « force de frappe » en recherche agricole parmi les pays en développement. Mais les réformes économiques en cours tendent à réduire les financements publics de la recherche rizicole et ces pertes de ressources sont encore loin d'être compensées par les recettes obtenues par les instituts de recherche commercialisant

leurs produits. Une tendance à la diminution du personnel de recherche en agriculture semble s'être amorcée durant la dernière décennie, notamment à cause des salaires peu élevés reçus par les scientifiques qualifiés.

Tableau 22. Evolution entre 1983 et 1999 du nombre de scientifiques engagés dans des travaux de recherche rizicole pour une sélection de pays asiatiques.

Pays	Nombre de scientifiques		Nombre de scientifiques par million d'ha de rizière	
	1983	1999	1983	1999
Inde	546	625	13	15
Philippines	108	205	34	53
Bangladesh	134	163	13	16
Thaïlande	138	133	14	14
Viêt-Nam	21	80	4	11
Cambodge	Nd	35	nd	18
Laos	Nd	31	nd	43
Sri Lanka	14	17	18	25

Source : Hossain, com. pers.

Nota : ces chiffres ne prennent pas en compte le personnel administratif et de gestion des services de la recherche rizicole. nd = donnée non disponible.

L'impact de la mise en place d'un tel réseau de contacts n'a pas attendu pour se faire sentir. Ainsi dans le domaine clef de l'amélioration variétale, si l'IRRI et les SNRA recommandaient chaque année environ 20 nouvelles variétés de riz sur le continent au début de la révolution verte, ce nombre grimpa jusqu'à 80 à la fin des années soixante dix et est demeuré autour de 75 depuis. Si à la fin des années soixante l'IRRI effectuait lui-même environ 25% des croisements conduisant à ces produits finaux que sont les variétés recommandées, cette proportion était tombée à 12% à la fin de la décennie quatre vingt. Depuis sa création, l'IRRI a fourni aux SNRA les lignées pures, souvent détentrices d'importants gènes de résistance aux maladies et ravageurs de la culture, ayant permis aux SNRA la sélection et le lancement de plusieurs centaines de variétés aujourd'hui vulgarisées. Dans ce domaine scientifique, la collaboration internationale et la complémentarité entre le centre international de recherche agricole et les SNRA fut exemplaire et couronnée de succès. Ces réussites, quasi immédiates, de la dissémination variétale expliquent la présence dans les SNRA actuels de programmes de sélection variétale plus développés, voire hypertrophiés par rapport aux travaux dans d'autres disciplines. Même lorsque des «programmes intégrés» rizicoles existent, les sélectionneurs y sont généralement encore en position dominante.

Avec le temps, la taille et les capacités de la communauté de recherche rizicole ont beaucoup augmenté. Les modalités de collaboration IRRI-SNRA se sont donc aussi diversifiées. Basés sur l'intérêt mutuel et les avantages comparatifs de chacune des institutions collaborant, les principaux mécanismes de partenariats déjà expérimentés par l'IRRI et encore actuellement utilisés sont les suivants :

- services aux SNRA : consultations, formations, etc.

- réseaux pour l'évaluation de technologies : associations volontaires et informelles de chercheurs et de leurs organisations autour d'un intérêt commun à propos d'une technologie donnée,
- réseaux de recherche : groupes de chercheurs de l'IRRI et de ses institutions partenaires collaborant autour d'un thème ou d'un type d'outil de recherche, comme l'analyse des systèmes, les biotechnologies, la lutte intégrée, etc.
- consortia pour la recherche : groupes d'institutions sélectionnées, dont l'IRRI, acceptant mutuellement des responsabilités complémentaires afin de contribuer à atteindre des objectifs communs dans un type d'écosystème rizicole donné,
- collaborations IRRI - programme de coopération bilatérale à l'échelle nationale : des scientifiques de l'IRRI et d'institutions nationales se rencontrent tous les deux ans pour passer en revue les progrès de la recherche et se mettre d'accord sur un calendrier d'activités spécifiques à bénéfice mutuel,
- recherches sur « programmes navettes » : l'IRRI et un SNRA, ou une autre institution, exécutent de façon complémentaire, en tirant partie des avantages comparatifs de chacun des partenaires, différentes phases d'un projet, avec échange temporaire de scientifiques,
- « joint-ventures » : l'IRRI et une institution collaboratrice exécutent ensemble un projet de recherche spécifique avec partage des coûts, etc.

Seuls quelques derniers pays particulièrement défavorisés suite à une histoire récente troublée (le Laos et le Cambodge notamment) font encore l'objet de projets spéciaux visant à les aider à établir un SNRA rizicole disposant d'une masse critique de chercheurs et techniciens, intégrée à des réseaux internationaux de recherche pertinents, pour faire face aux problèmes rizicoles se posant dans ces pays. Ainsi, au Laos, durant les dix dernières années, le projet lao-IRRI a-t-il permis de porter de moins de dix à plus de 120 le nombre de scientifiques et de techniciens laos travaillant maintenant en réseau à l'amélioration des systèmes rizicoles, ici principalement inondés et pluviaux, dans chacune des 16 provinces du pays ainsi que la municipalité de Vientiane. En soulignant que 80% des recherches y sont conduites en milieu paysan, le projet veut montrer que ses travaux se situent au plus près des besoins des producteurs locaux.

Sur la base de plus de trois décennies d'efforts dans ce domaine, l'IRRI classifie aujourd'hui les différents SNRA asiatiques en cinq catégories de la façon suivante :

- groupe 1 : grand pays producteur de riz (plus de 2 millions d'hectares); SNRA bien développé dont les activités couvrent les principales régions productrices et les différents types d'écosystèmes rizicoles; présence de chercheurs confirmés, détenteurs de doctorats dans les disciplines majeures appliquées à la riziculture; longue expérience

de collaboration avec l'IRRI (plus de 10 ans) dans le domaine de la recherche sur les mécanismes et processus écologiques ou socio-économiques en riziculture; présence d'une ou plusieurs universités disposant d'écoles doctorales. Exemple : le Bangladesh, l'Inde et la Chine. Ces deux derniers immenses pays disposent des SNRA les plus forts du continent, représentant environ les trois-quarts du nombre total de ses chercheurs en agriculture.

- groupe 2 : pays producteur de riz de taille moyenne (plus de 500.000 hectares); SNRA établi et aux activités couvrant les principales régions productrices et les différents types d'écosystèmes; présence de chercheurs formés au niveau de la maîtrise dans les disciplines majeures appliquées à la riziculture; collaboration avec l'IRRI (plus de 5 ans) dans le domaine de la recherche appliquée; présence d'une ou plusieurs universités avec programmes de maîtrise dans les disciplines scientifiques intéressant la riziculture. Exemple : le Viêt-Nam.
- groupe 3 : petit ou moyen pays producteur de riz (50.000 à 2 millions d'hectares); SNRA récemment établi ou ne couvrant pas encore les principales régions productrices et les différents types d'écosystèmes rizicoles; peu de chercheurs formés au niveau de la maîtrise dans les disciplines majeures appliquées à la riziculture; pas ou peu de collaborations avec l'IRRI. Exemple : le Cambodge.
- groupe 4 : pays petit producteur de riz (moins de 200.000 hectares); souvent éloigné de l'IRRI; SNRA couvrant les principales régions productrices et les différents types d'écosystèmes rizicoles; présence de chercheurs formés au niveau de la maîtrise dans les disciplines majeures appliquées à la riziculture; collaboration avec l'IRRI dans le cadre du réseau international d'échange de variétés de riz; présence d'une ou plusieurs universités avec programmes de maîtrise dans les disciplines scientifiques intéressant la riziculture. Exemple : Cuba.
- groupe 5 : pays petit producteur de riz (moins de 200.000 ha); souvent éloigné de l'IRRI; SNRA récemment établi ou pas encore pour les principales régions productrices et les différents types d'écosystèmes rizicoles; peu de chercheurs formés au niveau de la maîtrise dans les disciplines majeures appliquées à la riziculture; peu ou pas de collaboration avec l'IRRI. Exemple : Zambie.

Avec les SNRA les plus aguerris du groupe 1, l'IRRI concentre maintenant ses collaborations sur des soutiens scientifiques et techniques taillés sur mesure, ainsi que sur des formations à des méthodes et outils de recherche innovants afin de faciliter l'effort de recherche sur la compréhension des mécanismes et processus pouvant ensuite permettre d'accéder à de nouvelles marges de progrès dans le pays concerné. Lorsque cette étape est franchie, le SNRA peut devenir un véritable partenaire de la recherche internationale dans la division du travail sur le riz. A eux seuls, les pays de ce groupe 1 reçoivent environ les deux tiers des moyens disponibles à l'IRRI pour les activités de renforcement institutionnel des SNRA, surtout dans le cadre de leur participation à des consortia par type d'écosystème rizicole ou à des programmes bilatéraux SNRA-IRRI. Par contre, ces partenaires majeurs



sont considérés par l'IRRI comme autonomes en ce qui concerne la diffusion des résultats de la recherche rizicole. Environ un quart de ces mêmes moyens sont affectés aux SNRA du groupe 2 afin de les aider à se doter des capacités de recherche et de recherche-développement, similaires à celles du groupe 1, qui leur permettraient de devenir à terme membres à part entière des différents consortia internationaux. Tandis que dans le cas du groupe 3, les moyens propres de l'IRRI étant insuffisants, d'importants projets spécifiques à la recherche rizicole soutenus par des donateurs (la coopération suisse au Laos, l'australienne au Cambodge, etc.) sont recherchés afin de les faire rejoindre le groupe 2 à un rythme accéléré. Au fil du temps, les SNRA des groupes 2 et 3 rejoignant peu à peu la catégorie supérieure, l'appui technique et en formation de base de l'IRRI continuera à se réduire, tandis que les activités de recherche en collaboration, particulièrement dans le cadre des consortia et des réseaux internationaux, seront renforcées.

L'IRRI disposant d'un mandat global pour la recherche rizicole au sein du GCRAI, tout en évitant les duplications d'efforts avec les autres centres internationaux de recherche agronomique travaillant également sur le riz en Afrique (l'ADRAO<sup>24</sup>) et en Amérique latine (le CIAT<sup>25</sup>), l'institut élargit autant que faire se peut ses collaborations hors d'Asie, afin que l'expérience de la recherche rizicole de ce continent puisse bénéficier à un maximum de pays à travers le monde. L'actif réseau international d'échanges de variétés de riz « INGER » (cf. ci-dessus) coordonné par l'IRRI contribue à cet objectif. Avec les institutions de recherche avancée des pays du Nord (ARI), l'IRRI conçoit et exécute (en partageant ainsi les risques en cas d'échec) des projets scientifiquement ambitieux, aux « frontières de la recherche rizicole » dont l'impact à moyen et long terme serait considérable en cas de succès. Pour cela, bien que les chances de succès rapides soient réduites, les moyens accordés sont moins contraignants. Dans ces projets, des ARI partenaires exécutent l'essentiel du travail de recherche auquel l'IRRI participe. Les quatre premiers « projets frontières » entrepris lors du plan à moyen terme précédent 1994-98 étaient intitulés de la façon suivante :

- « à la recherche du gène de l'apomixie »,
- « évaluation des opportunités pour la fixation biologique de l'azote chez le riz »,
- « gérer les adventices avec moins de pesticides : allélopathie et contrôle biologique »,
- « développement d'un riz pluvial pérenne »,

Les progrès accomplis sur les trois premiers thèmes, bien qu'encore modestes, justifieraient la poursuite des travaux en cours. Ils sont par contre abandonnés dans le cas du quatrième sujet. Dans le cadre du plan à moyen terme pour la période 1998-2002, trois nouveaux « projets frontières » ont été initiés sur les thèmes suivants :

- physiologie moléculaire du potentiel de rendement : remplissage des grains, efficience de l'utilisation de l'eau,
- incorporation des micro-éléments dans le grain de riz,

---

<sup>24</sup> ADRAO : Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'ouest, basé à Bouaké en Côte d'Ivoire.

<sup>25</sup> CIAT : «Centro Internacional de Agricultura Tropical», basé à Cali en Colombie.

- prédire la durabilité des résistances aux maladies : la relation gène à gène.

A travers de nouvelles collaborations avec des ONG et le secteur privé, en sus de celles, classiques, conduites seulement avec des organisations gouvernementales, l'IRRI vise une meilleure diffusion des connaissances entre les acteurs de terrain et la recherche, notamment sur l'adaptation ou les raisons du rejet d'innovations qu'elle est en mesure de leur proposer en réponse à leurs demandes.

La mise en place de liens avec le secteur privé progresse prudemment. Actuellement, ce type de collaboration est envisagé lorsque les compagnies privées peuvent accroître l'impact de la recherche publique. C'est notamment le cas en ce qui concerne la production des riz hybrides en Inde. Ou encore lorsqu'il s'agit de réduire les coûts environnementaux de certaines pratiques, comme dans le cas des recherches sur les résistances durables aux ravageurs par exemple. De telles collaborations ont aussi vu le jour dans le cas d'innovations en machinisme rizicole permettant soit une meilleure gestion des terres, une augmentation de la productivité du travail, ou encore un accroissement de la valeur commerciale de la production au moyen de meilleures opérations post-récolte. Il semble aussi que suite au passage rapide au semis direct en riziculture irriguée et à l'augmentation du recours aux herbicides qui l'accompagne, afin d'améliorer la productivité du travail, le partenariat avec le secteur privé soit devenu incontournable en matière de mise au point de stratégies pour la gestion intégrée et durable des mauvaises herbes en rizière. Mais la tendance générale à l'établissement de formes diverses de droits de propriété intellectuelle sur les résultats de recherche force l'IRRI à avancer prudemment dans ces collaborations afin de s'assurer à chaque fois que les besoins et les intérêts des riziculteurs et des consommateurs sont ménagés et que le caractère de bien public des produits de la recherche en collaboration envisagée est effectivement préservé. Si avec l'expansion des cultures d'hybrides dans l'écosystème irrigué des quelques grands pays rizicoles le rôle du secteur privé va se trouver renforcé, la recherche publique nationale et internationale demeurera pour de longues années encore le principal fournisseur de technologies pour les autres types de rizicultures dans les milieux les plus pauvres.

Les arrangements partenariaux multiples nécessitent la mise en place de structures dans lesquelles des activités de recherche rizicoles interdisciplinaires et multi-locales puissent être hiérarchisées, planifiées, financées, exécutées et évaluées. Les consortia, fondés sur des partenariats multinationaux par type d'écosystème rizicole, fournissent un mécanisme de collaboration de ce type. C'est ce qui explique leur importance croissante ces dernières années.

*Un rôle croissant pour les SNRA dans le cadre de consortia par type d'écosystème rizicole*

Après moins d'une décennie d'expérience, l'IRRI considère que le modèle du consortium pour la conduite de recherches en partenariat avec les SNRA asiatiques les plus avancés a

maintenant fait la preuve de sa pertinence et de son efficacité. Il lui permet de progresser efficacement vers ses objectifs, d'améliorer l'impact des produits de la recherche (variétés, technologies ou connaissances) tout en renforçant, sur la base d'une division du travail plus égalitaire, ses partenariats avec les SNRA.

Le succès du Consortium pour la recherche sur le riz inondé (RLRRC<sup>26</sup>), l'un des tous premiers à avoir été mis en place au début des années quatre vingt dix, repose sur une étroite collaboration entre les chercheurs des SNRA des pays membres et ceux de l'IRRI autour de recherches sur la compréhension de processus clefs pouvant permettre d'accéder à des marges de progrès importantes dans l'écosystème considéré. Pour réussir, ce nouveau mécanisme multidisciplinaire et délocalisé, nécessite une communication intense entre les participants, des efforts importants et réguliers de formation et d'évaluation, ainsi que la mise à disposition du consortium par le SNRA participant de moyens stables en personnel et, en partie, de fonctionnement nécessaires à un déroulement efficace des travaux. Son impact dépend aussi de la qualité des liens construits avec les producteurs et leur encadrement agricole sur chacun des sites clefs retenus.

Afin de se répartir le travail de recherche et les ressources pour l'accomplir, des consortia similaires existent aujourd'hui pour chacun des grands types de riziculture. Les premiers créés en 1991 concernaient les rizicultures inondée et pluviale. Le dernier apparu en 1997 porte sur le riz irrigué, plus particulièrement sur l'amélioration de la durabilité de la succession culturale riz-blé ainsi que sur la lutte intégrée contre les ravageurs et maladies.

Les SNRAs y participant estiment être devenus autonomes en ce qui concerne les travaux requis dans plusieurs domaines comme l'amélioration variétale classique, la mécanisation agricole, les formations diplômantes ainsi que le renforcement des institutions de recherche. Ils attendent de l'IRRI, et des autres ARI, des appuis en matière de biotechnologies, de caractérisation environnementale, de compréhension des mécanismes liés au contrôle des adventices ainsi qu'en physiologie végétale (notamment sur la résistance à la sécheresse), des formations sur des thèmes aux frontières de la science, des méthodologies innovantes, et enfin un appui documentaire ainsi qu'un accès facilité à l'information scientifique disponible.

*L'IRRI au début du XXI<sup>ème</sup> siècle : un facilitateur du système global de la recherche rizicole*

La mise en place d'un véritable partenariat entre tous ces types d'acteurs intéressés par l'amélioration de la riziculture est à l'ordre du jour et l'IRRI se voit bien jouer un rôle clef afin de mobiliser les organisations de producteurs et non gouvernementales, les SNRA et les ARI, ainsi que le secteur privé, sur des problèmes cruciaux et émergents. Sur la base de ses importants résultats passés, de la reconnaissance qui leur est associée, et pouvant jouer tantôt le rôle d'organisateur, d'initiateur, de modérateur ou de simple partenaire de la

---

<sup>26</sup> RLRRC : Rainfed Lowland Rice Research Consortium.

recherche, l'institut prétend devenir le « dénominateur commun » d'un tel système global. Son partenariat élargi, aujourd'hui solidement établi, lui permet de mettre en relation des chercheurs avec des expertises et perspectives très différentes afin de former un continuum cohérent en recherche rizicole.

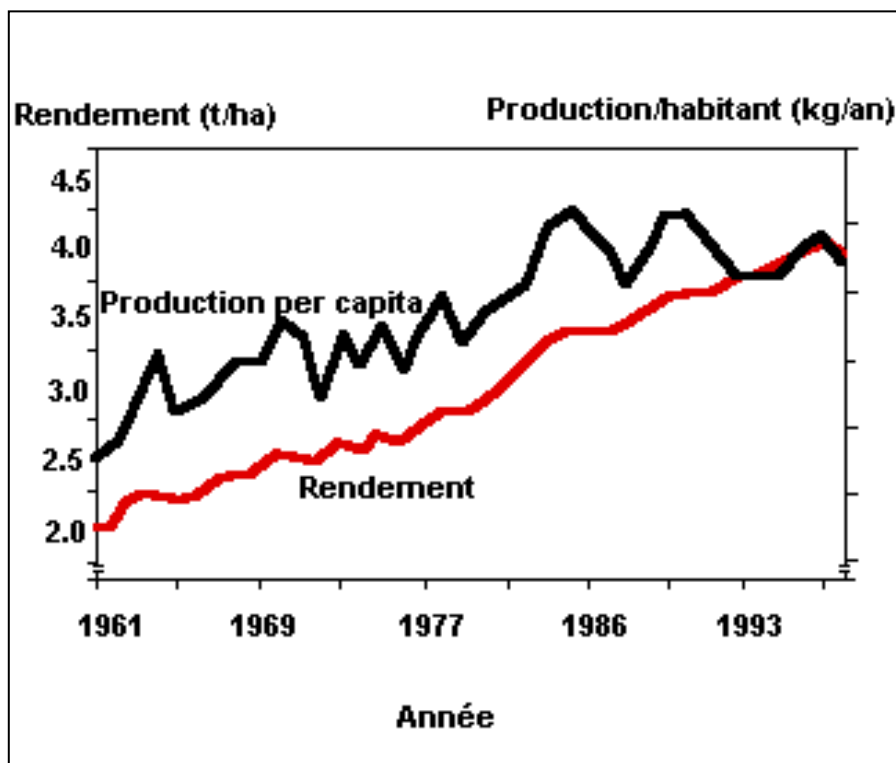
Ce leadership de l'IRRI a été récemment réaffirmé lors de la cinquième évaluation externe de l'institut qui concluait que « peu d'Instituts, peut-être aucun, ont eu un impact en profondeur plus important que celui de l'IRRI sur la façon dont les recherches sont conduites sur une plante et sur leur développement global » (CGIAR, 1998). Au-delà de son rôle et de sa structure actuels, l'IRRI considère, que plus avant dans le 21<sup>ème</sup> siècle, il devrait évoluer afin de remplir les quatre fonctions majeures suivantes au sein d'un réseau global de recherche agricole :

- abriter la collection de base sur les ressources génétiques du riz et conduire toutes les tâches d'évaluation, de recherche, de préservation et de services que cela implique,
- collecter, évaluer, sélectionner et rendre possible l'accès à l'information actualisée sur la recherche rizicole et les programmes de développement, les résultats ainsi que les ressources (humaines, financières et physiques) globalement disponibles pour ces recherches,
- conserver une capacité de réponse pouvant être mise en œuvre pour catalyser l'usage de ces ressources, par exemple sous la forme d'équipes internationales spécialement recrutées pour travailler sur des sujets d'importance supranationale,
- organiser des conférences rizicoles, des groupes de travail, des séminaires et des réunions afin de faciliter l'échange d'information en vue de l'application des connaissances acquises à la résolution de problèmes émergents.

## 7. L'enjeu rizicole asiatique à l'aube du XXIème siècle

L'analyse de l'évolution de l'offre et de la demande en riz montre que durant la période 1967-1985 la plus marquée par la «révolution verte», les riziculteurs ont globalement réussi l'étonnante performance d'accroître en moyenne de 3% par an le volume de la production afin de satisfaire les besoins des centaines de millions de nouvelles bouches à nourrir apparues depuis lors (la population asiatique étant passée dans l'intervalle de 1,9 à 3,5 milliards d'habitants). Alors qu'entre 1965 et 1990, le nombre de consommateurs de riz avait augmenté de 70%, le volume de production de la céréale avait lui presque doublé, permettant ainsi aux courbes de croissance de la population et de la production de riz de ne pas diverger dangereusement tout au long de cette période et à la consommation moyenne par tête d'augmenter (figure 21). Car même si les phénomènes d'urbanisation et de prospérité économique chez une partie de la population jouent un rôle, quand il s'agit d'analyser l'évolution de la demande en riz, le poids de la croissance démographique reste écrasant.

Figure 21. Evolution de la production rizicole par tête d'habitant et des rendements en paddy en Asie.



Source : IRRI, 1999b.

Mieux encore, quelques pays très peuplés, comme l'Indonésie et le Bangladesh notamment, importateurs traditionnels de riz et handicapés par de sévères problèmes de

sécurité alimentaire, devinrent auto-suffisants durant cette période. Ainsi la part de l'Asie dans les importations globales de riz diminua de 60 à seulement 20% durant cette période. Durant les décennies de la révolution verte, les récoltes abondantes furent dues à 80% au remplacement de cultivars traditionnels par de nouvelles variétés semis-naines, à haut potentiel de rendement et répondant fortement à la fertilisation azotée. L'importante baisse du prix de l'aliment de base que nous avons constaté pesa à n'en pas douter sur les niveaux de salaires et contribua très significativement à autoriser la croissance économique rapide que connurent successivement durant cette période plusieurs pays d'Asie Extrême Orientale d'abord puis du Sud-Est. Il s'agit clairement de l'impact indirect le plus important que la recherche agronomique ait jamais accompli sur ce continent.

Mais en revanche, le rythme de croissance annuelle de la production rizicole durant la décennie 1985-1995 n'était plus que de 1,7%, en particulier à cause de l'érosion progressive des gains de rendements annuels moyens qui passèrent de 2,3% par an entre 1967 et 1985 à seulement 1,35% durant la décennie 1985-1995. Tous les grands pays producteurs furent affectés par ce déclin du rythme de croissance rizicole, sauf l'Inde où les taux de croissance de la production et des rendements s'élevèrent grâce notamment aux investissements réalisés afin d'améliorer la gestion de l'eau et l'irrigation dans la partie orientale du pays. Ces investissements facilitèrent la dissémination de la culture des variétés modernes de la «révolution verte» associées à la fertilisation minérale, dont l'adoption fut également quelque peu retardée dans la partie Sud du pays. Le Viêt-Nam fait aussi ici exception à cause de l'impact important sur la riziculture des récentes réformes économiques décidées à la fin de la décennie quatre vingt. En libéralisant les échanges et en intégrant sa riziculture dans l'économie de marché, elles ont propulsé le pays au rang d'exportateur majeur de riz blanchi en peu d'années. En revanche, de très grands pays producteurs et consommateurs de riz, comme l'Indonésie, le Bangladesh ou les Philippines, redevinrent importateurs durant la période.

L'évolution favorable observée durant la période 1967-1985 a pu faire penser que la course entre production alimentaire et croissance démographique pouvait être durablement gagnée. Globalement, l'Asie est autosuffisante en riz et dégage même un petit surplus de quelques 3,4 millions de tonnes. Mais dans le contexte économique actuel dominé par le mouvement de libéralisation économique et les politiques fiscales plus restrictives, les efforts d'investissements dans les domaines de l'irrigation, de la recherche et de la vulgarisation agricole se sont relâchés, tant au niveau national que multilatéral. D'autres secteurs de l'économie, souvent en croissance très rapide entre 1986 et 1996, reçurent une attention prioritaire de la part des décideurs au sein des gouvernements. La stagnation de la production de riz par habitant observée lors de la dernière décennie, accompagnée d'une baisse généralisée des stocks, montre que le défi rizicole asiatique est encore loin d'être remporté comme l'indique les données exposées dans le tableau 22.

Tableau 22. Taux de croissance de la population, de la production, des surfaces et des rendements en riz durant et après la révolution verte.

Région / Pays	Population (millions)	Taux de croissance de la population (%)		Taux de croissance durant la période 1967-1985 (%)			Taux de croissance durant la période 1985-1996 (%)		
	1995	1965-985	1985-1995	Production	Surfaces	Rendements	Production	Surfaces	Rendements
<b>Monde</b>	<b>5.716,0</b>	<b>1,82</b>	<b>1,66</b>	<b>2,88</b>	<b>0,69</b>	<b>2,19</b>	<b>1,73</b>	<b>0,36</b>	<b>1,37</b>
<b>Asie</b>	<b>3.458,0</b>	<b>2,14</b>	<b>1,75</b>	<b>2,89</b>	<b>0,57</b>	<b>2,32</b>	<b>1,68</b>	<b>0,33</b>	<b>1,35</b>
<b>Extrême-Orient</b>	<b>1.424,0</b>	<b>1,84</b>	<b>1,25</b>	<b>2,81</b>	<b>0,09</b>	<b>2,72</b>	<b>0,47</b>	<b>-0,65</b>	<b>1,12</b>
Chine	1.221,0	1,92	1,33	3,37	0,23	3,14	0,75	-0,60	1,35
Japon	125,1	1,00	0,35	-1,68	-2,00	0,32	-0,82	-0,58	-0,24
Corée du Sud	45,0	1,81	0,99	2,74	0,18	2,56	-2,30	-1,80	-0,50
<b>Asie du Sud</b>	<b>1.239,0</b>	<b>2,26</b>	<b>2,18</b>	<b>2,42</b>	<b>0,66</b>	<b>1,76</b>	<b>2,50</b>	<b>0,31</b>	<b>2,19</b>
Bangladesh	120,4	2,66	2,02	1,92	0,32	1,60	1,92	0,31	1,61
Inde	935,7	2,22	2,00	2,51	0,66	1,85	2,84	0,48	2,36
Népal	21,9	2,49	2,58	0,98	1,06	-0,08	1,08	-0,04	1,12
Pakistan	140,5	2,97	3,21	3,53	2,09	1,44	1,81	1,14	0,67
Sri Lanka	18,4	1,84	1,32	4,32	2,42	1,90	-0,89	0,68	-1,57
<b>Asie du Sud-Est</b>	<b>484,3</b>	<b>2,34</b>	<b>1,92</b>	<b>3,70</b>	<b>0,96</b>	<b>2,74</b>	<b>2,78</b>	<b>1,25</b>	<b>1,53</b>
Indonésie	197,6	2,26	1,68	5,26	1,26	4,00	2,48	1,33	1,15
Birmanie	46,5	2,24	2,18	4,25	-0,12	4,37	3,73	3,18	0,55
Philippines	67,6	2,71	2,14	3,73	0,08	3,65	1,99	1,10	0,89
Thaïlande	58,8	2,60	1,40	2,88	2,37	0,51	0,75	-0,69	1,44
Viêt-Nam	74,5	2,26	2,22	2,95	1,21	1,74	5,21	2,27	2,94

Sources : United Nations World Urbanization Prospects: The 1994 Revision, New York 1995 et base de données électronique de la FAO, 1997.

À l'aube du XXIème siècle, en dépit d'un usage accru des engrais et d'autres intrants, les gains de rendement en paddy sont de plus en plus difficiles à réaliser, ainsi que le montre le tableau 23. Ces faibles gains, proportionnellement plus coûteux en intrants que les précédents, tendent aussi à réduire la productivité des facteurs de production et à accroître les risques de dégradation des ressources naturelles renouvelables et de l'environnement.

Tableau 23. Progrès réalisés dans l'augmentation des rendements en riz entre 1951 et 1996.

Région / Pays	Rendement moyen en 1994-1996 (t/ha)	Taux d'accroissement des rendements* (kg/ha/an)				
		1951 à 1965	1965 à 1975	1975 à 1985	1985 à 1990	1990 à 1996
<b>Asie</b>	<b>3,77</b>	<b>26</b>	<b>41</b>	<b>83</b>	<b>54</b>	<b>36</b>
Chine**	5,97	28	53	181	60	72
Inde	2,82	16	29	53	80	41
Japon	5,93	101	85	37	-103	-15
Corée du Sud	6,12	43	119	93	-33	-23
<b>Monde</b>	<b>3,69</b>	<b>26</b>	<b>39</b>	<b>78</b>	<b>53</b>	<b>37</b>

\* Basés sur des moyennes glissantes sur trois années consécutives.

\*\* Les données pour la Chine incluent Taiwan.

Source : IRRI, World Rice Statistics, 1993-1995 et la base de données électronique de la FAO, 1997.

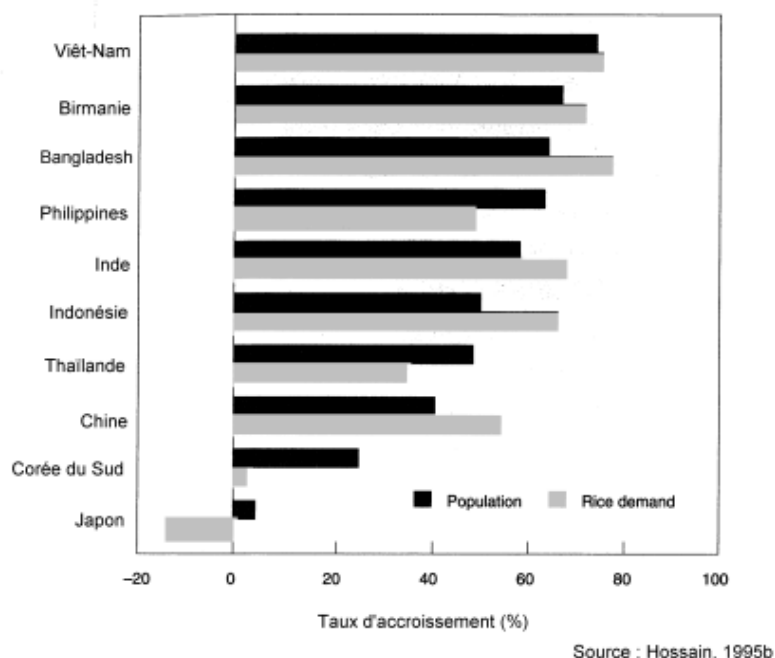
L'évolution des rendements moyens en riz (ici totalement irrigué) observée au Japon et en Corée du Sud, montre que les très hauts niveaux atteints ne progressent plus et ont même du mal à être maintenus. Ceci est interprété par certains comme la preuve de la nécessité d'un nouveau saut qualitatif du potentiel de rendement du matériel végétal cultivé afin d'éviter que ce type de scénario puisse se répéter dans les rizières irriguées de pays autrement plus stratégiques en matière de production rizicole globale, tels que la Chine, l'Inde, l'Indonésie ou le Bangladesh. Or la croissance démographique se poursuit sur le continent, même si son rythme varie maintenant beaucoup entre les pays. En dehors de la Chine, du Japon, de la Corée du Sud et de la Thaïlande, la population des pays asiatiques augmente encore de 1,5 à plus de 2,5% (au Pakistan et au Népal par exemple) par an et devrait s'élever encore en moyenne d'environ 1,8% par an entre 1995 et 2010.

Même si, selon les Nations Unies, ce rythme de croissance devrait diminuer progressivement au cours des deux prochaines décennies, une nouvelle vague massive de consommateurs est d'ores et déjà annoncée et la population du continent devrait passer de 3,5 milliards en 1995 à 4,8 milliards de personnes en 2025. Le nombre absolu d'asiatiques augmentera donc autant lors des trente prochaines années que durant les trente dernières. De plus, ce sont les populations les plus pauvres qui augmenteront le plus rapidement. Ainsi la population d'Asie du Sud devrait croître de quelques 732 millions d'individus entre 1995 et



2025, soit plus que les 670 millions de personnes ajoutées entre 1965 et 1995. En Asie du Sud-Est et en Extrême-Orient, au contraire, l'augmentation de la population durant les trois prochaines décennies sera inférieure à celle observée durant les trois précédentes, grâce notamment au fort ralentissement de la croissance démographique déjà en cours, notamment en Chine et en Thaïlande. En conséquence, durant la période 1990-2025, la demande en riz devrait s'accroître d'environ 65% aux Philippines, de près de 80% au Bangladesh, de 75% au Viêt-Nam, d'environ 70% en Inde et presque autant en Indonésie (Figure 22).

Figure 22. Projections de la croissance démographique et de la demande en riz chez les grands pays producteurs d'Asie entre 1990 et 2025.



Dans ce dernier pays, immense archipel peuplé de plus de 200 millions d'habitants, la production rizicole a doublé depuis 1970, l'autosuffisance étant même atteinte en 1984. Aujourd'hui, avec les effets de la crise financière, économique et politique actuelle, se combinant à ceux de la sécheresse provoquée par le phénomène d'El Niño en 1997-98, il est redevenu le premier pays importateur de riz du continent. Les Philippines aussi importent dorénavant d'importantes quantités du riz. Qu'en sera-t-il lorsque leur population aura bondi des 75 millions d'habitants actuels à 115 millions en 2025 comme projeté par les démographes?

L'augmentation de la demande en riz est plus rapide dans les pays à niveaux de revenus les moins élevés où souvent le riz fait encore de nos jours figure de source luxueuse d'hydrates de carbone, encore souvent compensée par la consommation de légumineuses à graines en Asie du Sud, ou de racines et tubercules en Asie du Sud-Est lorsque la noble céréale est économiquement inaccessible au quotidien. Lorsque les revenus des ménages y augmentent, la consommation de riz s'accroît aux dépens de ces autres sources d'énergie à meilleur marché. Ainsi, le tableau 24 indique que dans des pays comme le Bangladesh ou l'Inde, l'élasticité de la demande en riz demeure élevée pour tous les groupes sociaux.

Tableau 24. Elasticité de la demande en riz pour une sélection de pays asiatiques.

Pays	Type de ménage	Elasticité de la demande
Bangladesh	ménages en milieu rural	0,41
	ménages en milieu urbain	0,27
Inde	ménages en milieu rural	0,20
	ménages en milieu urbain	0,05
Thaïlande	ménages en milieu rural	-0,14
	ménages en milieu urbain	-0,21
Taiwan	ménages agricoles	0,02
	ménages non agricoles	-0,21
Corée du Sud	ménages agricoles	-0,14
	ménages non agricoles	-0,09

Source : adapté de CGIAR, 1998.

Si les revenus des ménages doublient en Inde, en Indonésie, aux Philippines ou en Chine, la consommation de riz par tête d'habitant y augmenterait d'environ 6 à 11%. Par contre, ce tableau montre qu'il n'en est plus de même lorsque la croissance des économies nationales a permis de rejoindre la catégorie des «pays émergents», comme dans le cas de la Thaïlande, de pays nouvellement industrialisé (NPI) comme dans le cas de Taïwan, ou de pays membre de l'OCDE comme la Corée du Sud. Dans ces situations d'économies relativement riches et à faible augmentation de leur population, une diminution de la demande en riz et autres grains de base est observée alors que les habitants adoptent un régime alimentaire plus diversifié et enrichi en protéines et vitamines, comprenant plus de fruits et légumes, de viande (porc et volaille surtout), de poisson, de pain et d'aliments prêts à être consommés. Ainsi, entre 1974-76 et 1989-91, la consommation de riz blanc par tête d'habitant a diminué au Japon, en Corée du Sud, à Taiwan, en Malaisie et en Thaïlande. Partout ailleurs, c'est-à-dire dans les autres pays représentant les trois-quarts de la demande globale en riz sur le continent, elle était en augmentation. Mais si ces pays mettent en œuvre, sans doute aux forceps, les recommandations des accords sur la libéralisation du commerce de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), il est vraisemblable que les quelques 15 millions de tonnes de paddy produites au Japon et en Corée diminueront et que ces pays importeront davantage à partir du marché mondial, en particulier depuis l'Australie et la Thaïlande.

Mais c'est en Asie du Sud, où la croissance de la demande en céréales va demeurer forte durant les toutes prochaines décennies, que se présentent les perspectives les plus inquiétantes. Cette forte augmentation de la demande sera le produit des effets combinés d'une croissance démographique encore relativement élevée et, sans doute, d'une augmentation plus rapide des revenus des ménages que par le passé. Même si l'élasticité de la demande en riz tend à diminuer, elle devrait encore se maintenir entre 0,15 et 0,20 durant les quinze prochaines années. Les rendements en paddy y augmentent déjà à un rythme plus lent que durant les trente dernières années. En 2025, le déficit potentiel en céréales de cette zone pourrait même atteindre 255 millions de tonnes. Bien que les exportations de produits manufacturés, dont certains très sophistiqués augmenteront aussi, notamment en Inde, l'Asie

du Sud risque de ne pas pouvoir affecter assez de devises pour acheter de tels volumes de céréales, encore faudrait-il qu'ils soient disponibles sur les marchés.

D'ici 2020, l'urbanisation de l'Asie se poursuivra et à cette date pratiquement un asiatique sur deux devrait être un citoyen<sup>27</sup>, contre environ un sur trois aujourd'hui et seulement 10 à 15% au début de la révolution verte vers le milieu des années soixante. Ce phénomène tempérera la tendance à l'augmentation de la demande en riz là où il pourra être accompagné d'un accroissement des classes moyennes et riches dans la société, groupes sociaux traditionnellement moins consommateurs de riz ordinaire. Mais leur montée en puissance pourrait en revanche créer une forte demande en riz de haute qualité (les critères de qualité variant selon les pays), notamment en Extrême-Orient. Pour évaluer l'évolution de la demande en riz par pays, l'IRRI considère que, grossièrement, la consommation par habitant augmente dans les pays affichant un revenu annuel moyen par tête inférieur à 1.500 \$US pour diminuer ensuite lorsque ce seuil est dépassé.

Au total, l'augmentation annuelle de la demande en riz en Asie d'ici 2010, devrait être de l'ordre de 1,7%, mais elle sera bien plus élevée dans les pays les plus pauvres et dépassera ainsi 2% en Asie du Sud, atteignant même 2,5% dans le cas de l'Inde, tandis qu'en Chine ce taux devrait s'abaisser à 1,2%. Ce taux d'accroissement moyen annuel de la demande en riz est supérieur à celui de 1,4% observé durant la première décennie post-révolution verte 1985-1995.

Sans avoir droit à l'échec, les riziculteurs asiatiques se trouvent donc condamnés à produire régulièrement chaque année quelques 6,7 millions de tonnes de paddy de plus que l'année précédente, soit quasiment le volume de la production annuelle des Philippines, et ce juste pour pouvoir espérer maintenir les niveaux nutritionnels actuels que l'on sait pourtant déjà très insuffisants pour des centaines de millions de personnes. J'ai décrit ci-dessus qu'aucune révolution technologique à court terme n'est en vue et montré combien le contexte actuel des rizicultures asiatiques est radicalement différent de celui connu du temps de la révolution verte et infiniment plus contraignant pour les producteurs, surtout ceux des agroécosystèmes non irrigués aux options limitées.

La diversification agricole et des modes de consommation alimentaire enclenchée fait que tous les gains de production demandés devront venir d'augmentation de rendements par unité de surface rizicole. Or le rythme d'accroissement annuel moyen des rendements en paddy a baissé de 2,32% durant la révolution verte (1967-1985) à seulement 1,35% pour la période 1985-1995 (tableau 2). Cette tendance défavorable nécessite d'être renversée et un rythme de 1,7% d'augmentation annuelle des rendements moyens en paddy doit être atteint afin de satisfaire l'accroissement prévu de la demande. Aujourd'hui, le défi auquel fait face la recherche pour les deux prochaines décennies est de taille : aider l'Asie à produire au moins 25% de riz en plus sur moins de terres, sans dégradation supplémentaire des ressources naturelles renouvelables, donc notamment avec moins d'eau et moins d'intrants en riziculture

---

27 En 1990, 32% des asiatiques vivaient en milieu urbain. Cette proportion devrait atteindre 49% en 2020, la population rurale demeurant elle stable autour de 2,3 milliards de personnes (IRRI, 1999).

irriguée. Ceci afin de satisfaire les besoins des petits producteurs ruraux comme des consommateurs urbains, et avant tout les plus pauvres d'entre eux à la campagne comme à la ville, au moyen de prix stables et d'un niveau ne limitant pas l'accès à la céréale essentielle des franges défavorisées de la population.

## 8. Conclusions : les conditions de la réussite

Une population rurale plus réduite mais plus efficace pourra nourrir une immense marée urbaine seulement si les incitations économiques nécessaires sont en place et si de nouvelles technologies apparaissent et sont largement adoptées. Ceci est indispensable afin de permettre à la production rizicole de demeurer compétitive par rapport à d'autres activités économiques, ainsi que pour élever le niveau de vie des riziculteurs. Des gains de productivité durables sont requis mais devront être obtenus grâce à une révolution rizicole « doublement verte », capable d'apporter les augmentations de production nécessaire pour nourrir les franges les plus pauvres de la société à des prix acceptables, tout en protégeant la qualité des sols et de l'eau ainsi que la biodiversité dans les différents agroécosystèmes rizicoles. Sa traduction concrète dans les rizières devra emprunter des itinéraires bien plus diversifiés que par le passé. La pauvreté, plus que l'insuffisante disponibilité en vivres, est l'obstacle majeur à une meilleure sécurité alimentaire. C'est pourquoi la diversification marchande de la production sur les petites exploitations rizicoles doit être encouragée, ainsi que les opportunités d'emploi non-agricoles et la pluri-activité.

Les pays asiatiques pourraient, grâce à une collaboration améliorée, renforcer les systèmes d'appui à la recherche rizicole, à l'irrigation et aux infrastructures commerciales, sans parler du système de financement des activités actuellement en cours de dégradation. Un soutien international serait aussi la meilleure garantie de sécurité alimentaire pour les régions les plus tendues, où l'instabilité politique guette et où les ressources naturelles sont particulièrement fragiles. Pour cela, une volonté politique de plus grande coopération régionale est avant tout requise. Sinon, en dehors des surplus exportables supplémentaires pouvant provenir du Cambodge et de la Birmanie, à l'horizon 2025, l'Asie pourrait bien devoir aller chercher en Amérique Latine, voire en Afrique, les quelques millions de tonnes de riz lui faisant défaut pour nourrir ses trois milliards de consommateurs.

Le besoin d'adaptation des innovations proposées à l'hétérogénéité et à la variabilité croissantes des situations est un important défi pour les systèmes nationaux de recherche rizicole plus habitués à la diffusion massive et non discriminée de technologies standards autour d'un nouveau matériel végétal recommandé. Pour le relever, des relations beaucoup plus intenses que par le passé seront nécessaires entre les différents acteurs majeurs que sont les producteurs et leurs organisations, les ONG les supportant, le secteur privé partout de plus en plus incontournable, ainsi que la recherche internationale.

En comparaison des décennies précédentes, lors desquelles le progrès technique était très directement relié à la semence améliorée, les gains de productivité futurs dépendront plus des connaissances pour une utilisation plus efficace des facteurs de production sur les exploitations, à commencer par le travail, et seront devront mieux conserver les ressources naturelles et l'environnement des terroirs rizicoles. La multifonctionnalité de ces terres minutieusement artificialisées permet à des pays comme la Thaïlande de voir bondir le tourisme au premier rang de ses recettes en devises étrangères. L'agenda de la recherche rizicole est ainsi rendu plus complexe et impose de faire appel à une approche plus

sophistiquée, innovante et intégrée des problèmes liés à l'accroissement et à la durabilité de la production rizicole sur un espace donné. Basée sur une caractérisation agro-écologique et socio-économique pertinente, la décentralisation des systèmes de recherche au niveau régional et au plus près des exploitations agricoles pourrait améliorer l'efficacité des travaux sur des situations de plus en plus complexes et leur impact qui sera, pour tout ce qui touche à la gestion des ressources naturelles, plus localisé et diversifié qu'auparavant. Un tel système permettrait aussi d'améliorer l'information en retour des chercheurs et décideurs politiques sur les conditions concrètes de la production rizicole sur les exploitations et la nature des demandes sociales exprimées dans les villages.

L'adoption d'approches globales et intégrées des systèmes de production rizicoles me semble incontournable, face à leur intégration croissante aux marchés et à la diversification rapide des systèmes d'activités en milieu rural. Les recours à des outils tels que l'analyse des systèmes, les SIG, les technologies de l'information, la modélisation des systèmes complexes, ainsi qu'à une intégration plus poussée des facteurs socio-économiques dans les études de diagnostic comme d'impact, doivent être accentués. Ceci afin de mieux spatialiser et caractériser de façon dynamique les situations rizicoles dans leur diversité et d'améliorer la prise en compte des stratégies différenciées des riziculteurs. L'association étroite et systématique des producteurs à chaque étape du cycle du projet de recherche et de développement agricole, permettant de construire et d'évaluer collectivement des scénarios d'évolution de leurs activités rizicoles, est à mon avis indispensable pour être en mesure de leur apporter conseils et technologies adaptés sous la forme d'options diverses et non plus des recettes normatives et standard. C'est cette voie qui a été recommandée à l'IRRI lors de la consultation des principaux leaders des SNRA asiatiques à l'occasion de la préparation du plan à moyen terme de l'institut en cours d'exécution. De tels travaux sont en effet indispensables pour une meilleure insertion des perspectives et préoccupations paysannes dans l'agenda de la recherche nationale et internationale afin d'en améliorer encore la pertinence et d'en accélérer l'impact. Car les dernières décennies ont montré que le petit riziculteur asiatique est prompt à changer ses pratiques et à saisir les opportunités d'amélioration de sa condition quand elles sont à sa portée.

Mais, à la différence des glorieuses évaluations sur l'impact de la dissémination des variétés modernes, le supposé faible retour sur investissement des efforts de la recherche rizicole pour le développement de nouvelles technologies intensives en information et en connaissances pour gérer de façon plus durable les ressources naturelles inquiète. Or un tiers à la moitié des ressources financières des SNRAs comme de l'IRRI sont investies dans ce type de travaux dont les résultats se mesurent plus en connaissances et informations nouvelles qu'en produits manipulables et quantifiables. Au moment où les financements publics internationaux à la recherche agricole donnent des signes inquiétants d'essoufflement et que le relais par les budgets nationaux n'est pas encore assuré, il est urgent d'entreprendre des études d'impact (au-delà des effets à très court terme) sur la diffusion de nouvelles technologies de conduite des cultures et de gestion des ressources au moyen de méthodologies renouvelées. Alors qu'un système global de recherche rizicole est en train de se mettre en place, il serait par contre je crois inutile de vouloir tenter de séparer les contributions respectives des SNRAs et de l'IRRI. Par contre, quantifier les bénéfices des

échanges transnationaux de connaissances, d'information, de matériel végétal et d'autres technologies sera sans doute toujours nécessaire afin de justifier et de pérenniser les nouveaux mécanismes de recherche collaborative récemment mis en place afin de les améliorer et d'assurer leur fonctionnement, catalysé par la stratégie adoptée par « l'IRRI vers 2020 ».

## 9. Annexes

Liste des acronymes utilisés

Références bibliographiques

Liste des cartes

- Carte 1. Répartition de la culture du riz irrigué de saison humide en Asie.
- Carte 2. Répartition de la double ou triple culture de riz irrigué en Asie.
- Carte 3. Répartition de la culture de riz inondé à faible submersion en Asie.
- Carte 4. Répartition de la culture de riz inondé à submersion intermédiaire à profonde en Asie.
- Carte 5. Répartition de la culture du riz pluvial en Asie.
- Carte 6. Répartition de la production de riz à submersion profonde et des zones côtières en Asie.

Liste des figures

- Figure 1. Pays rizicoles asiatiques présentant un revenu moyen par habitant inférieur à 500 \$ US en 1995.
- Figure 2. Niveaux de pauvreté dans les économies en développement en 1993.
- Figure 3. Taux de malnutrition chez les enfants âgés de moins de six ans pour une sélection de pays rizicoles asiatiques durant la période 1990-1995.
- Figure 4. Pourcentage de la population âgée de moins de quinze ans chez une sélection de pays asiatiques.
- Figure 5. Projections démographiques des populations rurale et urbaine globales en Asie.
- Figure 6. Projections sur l'évolution de la population urbaine pour une sélection de pays rizicoles asiatiques entre 1995 et 2025.
- Figure 7. Evolution du nombre de variétés traditionnelles utilisées comme parents pour la sélection des variétés modernes de riz.
- Figure 8. Changements chez les variétés semi-naines de riz les plus populaires en Indonésie au cours des seconde et troisième phases de la révolution verte rizicole entre 1980 et 1995.
- Figure 9. Evolution du nombre de variétés de riz recommandées en Asie du Sud et du Sud-Est au cours des dernières décennies.



- Figure 10. Evolution de l'adoption des variétés semi-naines de riz en Asie du Sud et du Sud-Est entre 1966 et 1999.
- Figure 11. Croissance en pourcentage des parts respectives de l'expansion des surfaces cultivées et de l'augmentation des rendements dans l'accroissement de la production rizicole, pendant et après la révolution verte en Asie.
- Figure 12. Tendances de la production mondiale de paddy et du prix réel du riz blanc.
- Figure 13. Représentation schématique des principaux agroécosystèmes rizicoles et de leurs caractéristiques.
- Figure 14. Rythmes d'adoption des variétés semi-naines de riz au Bangladesh et en Indonésie entre 1969 et 1999.
- Figure 15. Consommation moyenne annuelle par habitant de poisson pour une sélection de pays asiatiques et son évolution depuis 1980.
- Figure 16. Evolution de la part des surfaces des rizières implantées par repiquage entre 1950 et 1995 pour une sélection de pays ou grandes régions rizicoles d'Asie.
- Figure 17. Changements prévus du volume d'eau disponible par tête d'habitant dans une sélection de pays asiatiques.
- Figure 18. Changements dans la consommation de riz des ménages non agricoles japonais.
- Figure 19. Comparaison pour quelques caractéristiques clefs entre le nouveau type de plant de riz, les variétés semi-naines d'*indicas* de la révolution verte et la plante de riz traditionnel.
- Figure 20. Nombre de variétés cultivées (entre parenthèses) et pourcentage des surfaces rizicoles occupées par les grands types de variétés de riz dans deux districts aux agroécosystèmes rizicoles contrastés du Bangladesh.
- Figure 21. Evolution de la production rizicole par tête d'habitant et des rendements en paddy en Asie.
- Figure 22. Projections de la croissance démographique et de la demande en riz chez les grands pays producteurs d'Asie entre 1990 et 2025.

## Liste des tableaux

- Tableau 1. Production, consommation, importations et exportations de riz blanc en Asie et dans le monde. Moyenne en millions de tonnes des trois années 1993-1995.
- Tableau 2. Diminution du temps de travail en rizière à Taiwan et au Japon entre 1960 et 1990. En heures de travail par hectare.
- Tableau 3. Evolution de la ration alimentaire quotidienne moyenne par type d'agriculteur dans le district indien de Arcot nord entre 1973-74 et 1983-84.
- Tableau 4. Utilisation de la main d'œuvre en riziculture et importance relative du travail salarié selon le type d'écosystème chez les principaux pays producteurs d'Asie à la fin des années quatre vingt. Moyennes nationales obtenues pour 40 à 60 villages par pays.
- Tableau 5. Evolution de la distribution des revenus des ménages par type de riziculteur dans les villages du Tamil Nadu en Inde entre 1973-74 et 1983-84. Indice= 100 pour les maisonnées de paysans sans terres.
- Tableau 6. Contributions moyennes des travailleurs hommes et femmes sur les exploitations agricoles d'Uttar Pradesh, Inde entre 1972-73 et 1979-80. En journées de travail par an.
- Tableau 7. Coûts des herbicides et du travail associés aux méthodes d'implantation du riz par semis sur boue ou par repiquage. En dollars US/hectare.
- Tableau 8. Evolution des dépenses alimentaires dans le budget moyen des ménages de quelques villages du Tamil Nadu durant la révolution verte rizicole. (%).
- Tableau 9. Importance des superficies irriguées, adoption des variétés de riz semi-naines de la révolution verte et niveaux de rendements en Asie.
- Tableau 10. Estimation des doses d'engrais minéral appliquées en rizicultures irriguée et inondée dans quelques grands pays producteurs de riz. En kg NPK/ha.
- Tableau 11. Evolution des rendements en riz entre les écosystèmes irrigués et non-irrigués en Asie de 1967 à 1996.
- Tableau 12. Evolution et comparaison entre états de la fédération indienne des contributions de la croissance de la productivité totale des facteurs agricoles à la croissance du volume de la production. 1980-1990.
- Tableau 13. Classification internationale complète des écosystèmes rizicoles basée sur l'hydrologie générale de surface.
- Tableau 14. Pourcentage des superficies par grand type d'agroécosystème rizicole chez les principaux pays producteurs d'Asie.

Tableau 15. Principales caractéristiques des quatre grands types d'agroécosystèmes rizicoles en Asie.

Tableau 16. Evolution à long terme des salaires agricoles de quelques pays d'Asie. En \$US par jour.

Tableau 17. Evolution des disponibilités et de la consommation en eau en Asie.

Tableau 18. Coûts de production et prix à la ferme du riz non décortiqué dans certains grands pays producteurs en 1987-1989.

Tableau 19. Représentation simplifiée de la matrice du management à l'IRRI en 1998.

Tableau 20. Représentation simplifiée de la matrice du management à l'IRRI en 1998.

Tableau 21. Evolution du personnel scientifique de l'Institut international de recherche sur le riz basé aux Philippines entre 1979 et 1999.

Tableau 22. Evolution entre 1983 et 1999 du nombre de scientifiques engagés dans des travaux de recherche rizicole pour une sélection de pays asiatiques.

Tableau 23. Taux de croissance de la population, de la production, des surfaces et des rendements en riz durant et après la révolution verte.